

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Antti Karhapää

VALTIMON KALLIOJÄRVEN ALUSTAVA
KUNNOSTUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyö
Tammikuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Kevät 2013
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A
80100 Joensuu
Puh. (013) 260 6900

Tekijä
Antti Karhapää

Nimeke
Valtimon Kalliojärven alustava kunnostussuunnitelma

Toimeksiantaja
Kalliojärven kyläyhdistys ry

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä kartoitettiin Kalliojärven vesistöalueen nykytila ja laadittiin alustava kunnostussuunnitelma. Toiminta käynnistyi paikallisten asukkaiden aloitteesta. Nykytilan kartoitus ja alustava kunnostussuunnittelu on toteutettu Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyönä.

Tutkimuksessa selvitettiin Kalliojärvi–Patojärven, Sorsajärvi–Pitkälähden ja Pohjajärven nykytilaa erilaisin näytteenotoin. Kevättalvella 2010 otettiin järvistä vesinäytteet ja keväällä 2011 suoritettiin sedimentti- ja pohjaeläintutkimus. Valuma-alueelta tuleva kuormitus selvitettiin järviin laskevista uomista otetuilla vesinäytteillä vuosien 2010 ja 2011 aikana.

Nykytilan kartoituksen ja maastokatselmusten perusteella työhön koottiin toteuttamiskelpoiset vesiensuojelutekniset rakenteet järvien valuma-alueille sekä esitettiin suositeltavat kunnostustoimet järviä varten. Valuma-alueelle suunniteltiin rakennettavaksi 6 koskeikkoa sekä 8 pintavalutuskentän ja laskeutusaltaan yhdistelmää. Kohteiden vaikutusta järvien tilaan arvioitiin laskennallisesti fosforimallien avulla.

Tutkimuksen mukaan Kalliojärvi–Patojärven ja Sorsajärvi–Pitkälähden ulkoinen ja sisäinen kuormitus ovat korkealla tasolla. Suositeltavia kunnostustoimia kyseisillä järvillä ovat säännöllisesti toistettavat vesikasvien niitot. Muuten on vaarana, että järvien merkitys lintuvesinä menetetään umpeenkasvun seurauksena.

Pohjajärven ulkoinen kuormitus on nykyäänkin maltillisella tasolla, mutta ongelmana on voimakas sisäinen kuormitus. Alusveden jatkuvalla hapetuksella ja suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden perustamisella voidaan Pohjajärven virkistyskäytöllistä tilaa kohentaa merkittävästi.

Kieli
suomi

Sivuja 86
Liitteet 6
Liitesivumäärä 23

Asiasanat
Vesistöjen kunnostus, rehevöityminen, valuma-alueet, fosfori, Valtimo



THESIS
Spring 2013
Degree Programme
in Environmental Technology
Sirkkalantie 12 A
80100 Joensuu
Tel. (013) 260 6900

Author
Antti Karhapää

Title
The Preliminary Restoration Plan of Kalliojärvi in Valtimo

Commissioned by
Kalliojärven kyläyhdistys ry

Abstract

The present state of the water system of the lake Kalliojärvi was charted and compiled a preliminary restoration plan in this thesis. Action was started on initiative of local people. The present state charting and preliminary restoration plan has been put into action through the thesis of Karelia University of Applied Sciences.

The present states of lake Kalliojärvi–Patojärvi, lake Sorsajärvi–Pitkälähti and lake Pohjajärvi were investigated through sampling. Lake water samples were taken in late winter 2010. In spring 2011 sediment and benthos research were conducted. Load from catchment areas was investigated by taking water samples from ditches during the years 2010 and 2011.

Water-protective structures for catchment areas and recommended restorations for lakes were aggregated in this work. Six wetland areas and eight overland flow areas with sedimentation pools were planned to be built to the catchment area. Effects of structures to the state of lakes were calculated by phosphorus models.

Both external and internal loads of nutrients are high in lake Kalliojärvi–Patojärvi and lake Sorsajärvi–Pitkälähti. Regular mowing of aquatic plants is recommended as restoration method in these lakes. Eutrophication leads to invasion of aquatic plants, which is a threat for waterfowl.

External load of lake Pohjajärvi is on composed level but internal load is a remarkable problem. Recreation of lake Pohjajärvi can be improved by oxidation and water-protective structures.

Language
Finnish

Pages 86
Appendices 6
Pages of Appendices 23

Key words
Water renovation, eutrophication, catchment areas, phosphorus, Valtimo

Nimiö

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	8
1.1	Taustaa.....	8
1.2	Keskeiset käsitteet.....	8
2	Kunnostustekniikat ja -menetelmät	10
2.1	Kosteikko	11
2.2	Pintavalutuskenttä	15
2.3	Maanmuokkauksen vaikutus ravinnehuuhtoumaan	17
2.4	Hapetus	18
2.5	Ruoppaus	19
3	Tutkimus- ja suunnittelualaue	21
4	Aineisto ja menetelmät.....	25
4.1	Järvien veden laatu.....	25
4.2	Valuma-alueelta tuleva kuormitus.....	27
4.3	Fosforimallit	28
4.3.1	Lappalaisen fosforimalli.....	28
4.3.2	Vollenweiderin fosforimalli.....	29
4.4	Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus	30
4.5	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden mitoitus	31
5	Tulokset ja tulkinta	33
5.1	Pohjajärven nykytila.....	33
5.1.1	Järven veden laatu.....	33
5.1.2	Valuma-alueelta tuleva kuormitus	35
5.1.3	Fosforimallit.....	36
5.1.4	Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus	37
5.2	Sorsajärvi–Pitkälähden nykytila	38
5.2.1	Järven veden laatu.....	38
5.2.2	Valuma-alueelta tuleva kuormitus	39
5.2.3	Fosforimallit.....	40
5.2.4	Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus	41
5.3	Kalliojärvi–Patojärven nykytila	42
5.3.1	Järven veden laatu.....	42
5.3.2	Valuma-alueelta tuleva kuormitus	43
5.3.3	Fosforimallit.....	45
5.3.4	Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus	46
5.4	Huomiot maankäytöstä	46
6	Kunnostussuunnittelu.....	48
6.1	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden sijainti.....	48
6.2	Pohjajärven valuma-alue	51
6.2.1	Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus	51
6.2.2	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus.....	60
6.3	Pitkälähti–Sorsajärven valuma-alue.....	61
6.3.1	Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus	61
6.3.2	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus.....	63
6.4	Kalliojärvi–Patojärven valuma-alue.....	64
6.4.1	Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus	64
6.4.2	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus.....	72
6.5	Kunnostukset järviältailla	74

6.5.1	Pohjajärvi	74
6.5.2	Sorsajärvi–Pitkälähti	75
6.5.3	Kalliojärvi–Patojärvi.....	75
6.6	Pohjajärven vesiensuojeluteknisten rakenteiden perustamiskustannukset	76
7	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset	81
7.1	Suosituksset jatkotutkimuksiksi	81
7.2	Suosituksset järvikunnostuksiksi	82
7.3	Suosituksset valuma-aluekunnostuksiksi	83
7.4	Virhearviointi	83
	Lähteet.....	85

Liitteet

Liite 1.	Järviin laskevien uomien vedenlaatutulokset
Liite 2.	Osavaluma-alueilta tuleva kokonaistyyppi ja kiintoainekuorma
Liite 3.	Vesiensuojelurakenteideneiden vaikutus osavaluma-alueilta tulevaan kokonaistyyppi- ja kiintoainekuormitukseen
Liite 4.	Vedenlaatutuloksia järvihavaintopaikoilta vuosien 2009–2011 kevättalvina
Liite 5.	Rehevyystasoluokitukset
Liite 6.	Sedimenttinäytteenottotulokset kevättalvelta 2011

Kuvat, kuviot ja taulukot

Kuva 1.	Kosteikon yleisrakennekaavio
Kuva 2.	Munkin rakennekaavio
Kuva 3.	Pintavalutusentän yleisrakennekaavio
Kuva 4.	Alusveden suihkuhupettimen toimintaperiaate
Kuva 5.	Vesinäytteiden havaintopaikat 2010–2011
Kuva 6.	Pohjajärveen laskevan ojan edusta (näytteenottopiste 228) ke- vätylvirtaaman aikaan 2011
Kuva 7.	Turvekairalla otettu pohjasedimenttinäyte Pohjajärvellä maal- kuussa 2011
Kuva 8.	Kapea suojakaista Pohjajärven ja pellon välissä keväällä 2011
Kuva 9.	Kalliojärven vesistöalueelle suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet ja niiden sijainti
Kuva 10.	Kosteikon 5 sijoittelu
Kuva 11.	Kosteikon 6 sijoittelu ja rakenne
Kuva 12.	Vesinäytteenottoa kosteikkokohteella 6 keväällä 2011
Kuva 13.	Pintavalutusenttä 1
Kuva 14.	Pintavalutusentän, kosteikon, pohjapatojen, laskeutusaltaan ja virtaamansäätöpadon muodostama kokonaisuus
Kuva 15.	Pohjajärven koilliskulman peltoa keväällä 2011
Kuva 16.	Pintavalutusenttä 3 ja pohjapadot
Kuva 17.	Pintavalutusenttät 4–7
Kuva 18.	Pahaojan rannoilta soistunut lampi syksyllä 2011
Kuva 19.	Pahaoja, Pahalampi sekä kosteikot 1 ja 2
Kuva 20.	Pahaojan suiston peltoa ja koivikkoa syksyllä 2011

Kuva 21.	Kosteikko 3:n ja pintavalutuskenttä 8:n sijoittelu
Kuva 22.	Kosteikko 4 ja pohjapadot
Kuva 23.	Riistakeskuksen alustavasti kartoittamat kosteikon paikat
Kuvio 1.	Pohjajärven fosforikuormitus 2011
Kuvio 2.	Sorsajärvi–Pitkälähden fosforikuormitus 2010
Kuvio 3.	Kalliojärvi–Patojärven fosforikuormitus 2010
Taulukko 1.	Järvien vedenlaskutiedot vuodelta 1966
Taulukko 2.	Pohjajärven, Sorsajärvi–Pitkälähden sekä Kalliojärvi–Patojärven hydrologiset ja morfologiset perustiedot
Taulukko 3.	Pohjajärven vesitilavuuden jakautuminen syvyysvyöhykkeittäin
Taulukko 4.	Minimiravinteen raja-arvot
Taulukko 5.	Kosteikoissa ja laskeutusaltaissa mitattuja vuotuisia ainepoistumia
Taulukko 6.	Havaintopaikan Pohjajärvi 54 vedenlaatutulokset 2010
Taulukko 7.	Pohjajärven minimiravinnetarkastelu 2010
Taulukko 8.	Pohjajärven kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain 2011
Taulukko 9.	Yhteenveto Pohjajärven fosforimalleista
Taulukko 10.	Sorsajärvi–Pitkälähden alueen vedenlaatutuloksia 2010
Taulukko 11.	Sorsajärvi–Pitkälähden alueen minimiravinnetarkastelu
Taulukko 12.	Sorsajärvi–Pitkälähden kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain 2010
Taulukko 13.	Yhteenveto Sorsajärvi–Pitkälähden fosforimalleista
Taulukko 14.	Kalliojärvi–Patojärven lasku-uoman 2010 vedenlaatutulokset
Taulukko 15.	Kalliojärvi–Patojärven lasku-uoman minimiravinnetarkastelu
Taulukko 16.	Kalliojärvi–Patojärven kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010
Taulukko 17.	Yhteenveto Kalliojärvi–Patojärven fosforimalleista
Taulukko 18.	Kalliojärven vesistöalueen alustavien vesiensuojeluteknisten rakenteiden koordinaatit sekä vesinäytteiden havaintopaikat
Taulukko 19.	Pohjajärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset
Taulukko 20.	Vesiensuojelurakenteidensa vaikutus Pohjajärven kokonaisfosforikuormaan
Taulukko 21.	Sorsajärvi–Pitkälähden valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset
Taulukko 22.	Vesiensuojelurakenteidensa vaikutus Sorsajärvi–Pitkälähden kokonaisfosforikuormaan
Taulukko 23.	Kalliojärvi–Patojärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset
Taulukko 24.	Uitonpuroon laskevaan ojaan suunnitellun kosteikon 4 arvioidut mitoitukset
Taulukko 25.	Vesiensuojelurakenteidensa vaikutus Kalliojärvi–Patojärven kokonaisfosforikuormaan
Taulukko 26.	Vesiensuojelurakenteidensa vaikutus Uitonpuron kokonaisfosforikuormaan
Taulukko 27.	Kosteikon 5 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Taulukko 28.	Kosteikon 6 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla
Taulukko 29.	Pintavalutuskentän 1 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla
Taulukko 30.	Pintavalutuskentän 2 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla
Taulukko 31.	Pintavalutuskentän 3 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Lyhenteet

Alv	Arvonlisävero
htp	Henkilötyöpäivä
Kok. N	Kokonaistyyppi
Kok. P	Kokonaisfosfori
N	Typpi
NH_4^+	Ammonium
NO_2^-	Nitraatti
NO_3^-	Nitriitti
O_2	Happi
P	Fosfori
PO_4^{3-}	Fosfaatti
SYKE	Suomen ympäristökeskus

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Kalliojärven kylän asukkaat ovat huolestuneet omien lähijärviensä umpeenkasvusta ja sen vaikutuksista virkistyskäytölle. Kalliojärven kyläyhdistys ry on lähtenyt aktiivisesti hakemaan muutosta asiaan yhteistyössä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen ja Karelia-ammattikorkeakoulun kanssa. Tämä työ on tehty kyläyhdistyksen toimeksiantona.

Tutkimuksen ja suunnittelun kohteena ovat Valtimon kunnassa sijaitsevat Kalliojärvi–Patojärvi, Sorsajärvi–Pitkälahti ja Pohjajärvi. Järvet laskevat vetensä Karhujokea pitkin Pielisen pohjoisosiin. Pohjajärvi sijaitsee aivan Vuoksen valuma-alueen latvoilla.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on koota yhteen järvialtaiden ja niiden valuma-alueiden nykytila ja niillä toteutettavissa olevat kunnostustoimet. Lisäksi työssä arvioidaan laskennallisesti kohteiden ja kunnostustoimien vaikutukset järvialtaiden tilaan sekä niiden toteuttamiskustannukset. Vesistön kuntoa on arvioitu vesi- ja sedimenttinäyttein vuosien 2010–2011 aikana.

1.2 Keskeiset käsitteet

Fosfori on tärkein kasviravinne ja useimmissa tapauksissa sisävesillä perustuo-
tanta ensisijaisesti rajoittava ravinne. Rehevöityneiltä vesistöalueilta otetuista
vesinäytteistä määritetään yleensä sekä kokonaisfosfori että siihen sisältyvä
fosfaattifosfori, joka on kasveille suoraan käyttökelpoinen fosforin liukoinen
muoto. (Wetzel 1983, 255.)

Fosforimalleilla saadaan selvitettyä vesistön kokonaisfosforin nettosedimen-
taatiokerroin. Sen avulla voidaan laskennallisesti arvioida veden kokonaisfosfo-
ripitoisuutta ulkoisen kuormituksen suuruudesta riippuen. (Tossavainen ym.
2011, 14.)

Minimiravinne on järven perustuotantoa (levät ja makrofytyt) ensisijaisesti rajoittava ravinne. Suomen sisävesillä fosfori on useimmiten minimiravinteena. Erityisenkaruissa vesissä fosfori ja typpi yhdessä ovat minimiravinteena. Voimakkaasti rehevöityneillä sisävesillä typpi on minimiravinteena etenkin kasvu-kaudella. Typpirajoitteisuus voi johtaa sinileväkukintojen runsastumiseen. (Pietiläinen & Räike 1999.)

Valuma-alue on alue, jonka sadanta- ja sulamisvedet valuvat tietyn pisteen läpi. Vedenjakajat rajaavat valuma-alueet erilleen toisistaan. (Valuma-alue 2011.)

Vesiensuojeluteknisiä rakenteita ovat esimerkiksi kosteikot, laskeutusaltaat, lietekuopat, pintavalutuskentät, virtaamansäätöpadot, ojakatkokset, eroosiosuojaukset ja pohjapadot. Niillä pyritään vähentämään valuma-alueelta vesistöön kohdistuvaa ulkoista kuormitusta (Eloranta 2010, 80–96).

2 Kunnostustekniikat ja -menetelmät

Ihminen on toiminnallaan vaikuttanut laaja-alaisesti vesistöihin Suomessa. Ihmistoiminnan vaikutukset havaitaan muun muassa liettymisenä, rehevöitymisinä, umpeenkasvuna ja veden laadun yleisenä heikkenemisenä. (Ekholm 2012a, 5.) Optimaalisessa tilanteessa toiminta olisi jo alun perin pyritty mitoittamaan ja järjestämään niin, että vaikutukset vesistöihin olisi pystytty minimoimaan ja vedet olisivat näin säilyneet muuttumattomina. Näin ei kuitenkaan ole, joten aikojen saatossa on pyritty kehittämään erilaisia keinoja vaikutusten pienentämiseen ja vahinkojen korjaamiseen. Tässä luvussa syvennyttään yleisimpiin ja Kalvionjärven alueella käyttökelpoisimpiin vesistöjen kunnostus- ja elvytysmenetelmiin.

Kunnostustekniikat voidaan karkeasti jakaa valuma-aluekunnostuksiin ja itse järvioltaalla tehtäviin kunnostustoimiin. Valuma-alueella pyritään purokunnostuksilla, soiden ennallistamisilla, maankäytön tapojen muutoksilla, suojakaistoilla ja -vyöhykkeillä, sekä vesiensuojeluteknisillä rakenteilla vähentämään vesistöihin päätyvää ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Järvioltailla kunnostuskeinoina käytetään yleisesti pienialaisia ruoppauksia, veden hapettamista, hoitokalastusta sekä vesikasvien ajoittain toistettavaa niittoa. (Kunnostusmenetelmät 2012.)

Kosteikko- ja pintavalutuskenttiä käytetään vesistöjen valuma-alueilla vähentämään vesistöön tulevaa kuormitusta – kiintoainesta ja ravinteita. Maanmuokausmenetelmien muutoksilla voidaan vaikuttaa maaperästä huuhtoutuvien ravinteiden ja kiintoaineksen määrään. Hapetuksella puolestaan parannetaan järven pohjan ja veden happitilannetta. Ruoppauksella poistetaan vesistöihin kertynyttä sedimenttiä ja samalla lisätään vesitilavuutta. (Kunnostusmenetelmät 2012.)

2.1 Kosteikko

Kosteikoilla on monia positiivisia vaikutuksia lähialueensa ekosysteemeille ja alapuolisille vesistöille. Kosteikot lisäävät luonnon monimuotoisuutta, pidättävät ravinteita ja kiintoainetta sekä monipuolistavat maisemaa. Erityisesti vesilintujen lisääntymiselle kosteikoilla voi olla huomattava merkitys. (Maatalouden monivaikutteiset kosteikot 2010.) Monin paikoin metsästysseurat ovat perustaneet tukien avulla monivaikutteisia kosteikkoja ja samalla sitoutuneet hoitamaan niitä (Kauljärven kosteikko. 2012).

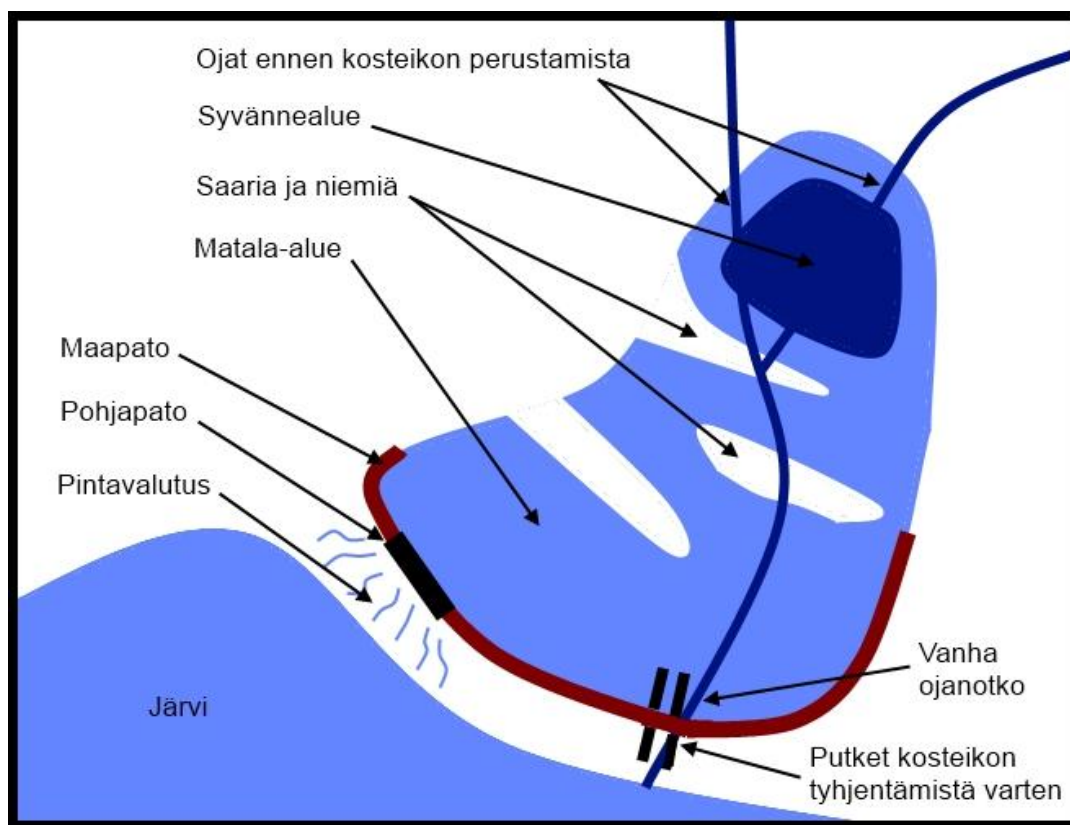
Kosteikkoja muodostuu vesiympäristössä luonnostaan. Tällaisia luonnollisia kosteikkoja ovat mm. suot, umpeenkasuvat järvet ja järvien lahtialueet. Kosteikkoalueita on laajamittaisesti kuivatettu muun muassa metsä- ja peltomaaksi siitä lähtien, kun viljelystoimintaa ja myöhemmin metsätaloutta on maassamme harjoitettu. Myös runsaana esiintyvä kanadanmajava rakentaa kosteikkoja Pohjois-Karjalassa. Majavan rakentamat kosteikot aiheuttavat toisinaan haittoja metsänkasvulle, viljelyksille ja erilaisille ihmisten rakennelmille, kuten tierummuille, pääasiassa vettymisen seurauksena (Kankaanhuhta, Lipponen, & Väkevä 2010).

Keinotekoisia kosteikkoja voidaan perustaa sopivaksi katsottuihin paikkoihin. Otollisia paikkoja ovat mm. entiset kosteikkoalueet ja muut kosteat notkelmat, joiden muunlainen maankäyttö on hankalaa. Ihmisen perustamissa kosteikoissa haitat voidaan estää tarkan suunnittelun avulla ja samalla tullaan palauttaneeksi tuhottuja ja heikennettyjä kosteikkoekosysteemejä. (Eloranta 2010, 94.)

Hyvän ja toimivan vesiensuojelukosteikon tulee olla pinta-alaltaan riittävän suuri suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen. Vähimmäiskooksi tutkimusten perusteella suositellaan 2 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta, jotta päästään hyviin kuormituksen pidätystehokkuuksiin. Suhteessa suurempi kosteikko on tehokkaampi ravinteiden ja kiintoaineen pidättäjänä, joten kosteikkoa rakennettaessa kannattaa pyrkiä kosteikosta tekemään niin laaja kuin se on mahdollista muu maankäyttö huomioiden. (Eloranta 2010, 94.)

Toimivassa kosteikossa on syväne- ja matalikkoalue (Kuva 1). Syväne pidentää kosteikon viipymää ja tehostaa raskaampien partikkelien pidättymistä kos-

teikkoon laskeutusaltaan tavoin. Syväne on parasta sijoittaa kosteikon alkupäähän, jolloin siitä saadaan suurin hyöty. Kosteikon ravinteiden pidätystehokkuutta parannetaan parhaiten lisäämällä pinta-alaa ja pohjan muotojen vaihtelua. Kosteikon matalan veden alueen kasvillisuuden merkitys ravinteiden pidätykselle on suuri. (Eloranta 2010, 94.)



Kuva 1. Kosteikon yleisrakennekaavio. Kuva: Antti Karhapää.

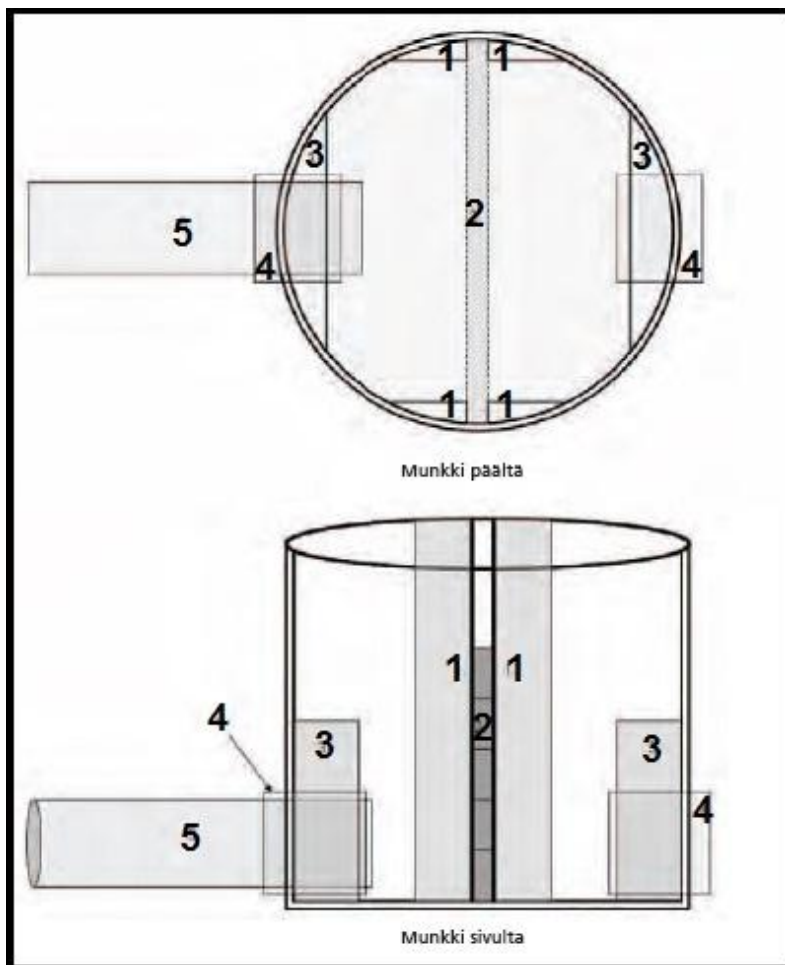
Kuvassa 1 on esitetty kaikki kosteikon toiminnan kannalta oleelliset rakenteet. Rakenteiden sijoittelu ja kosteikon lopullinen muoto tulee suunnitella aina tapauskohtaisesti kulloisenkin kohteen pinnanmuotojen mukaan.

Kosteikon rakenteeseen kuuluvat myös erilaiset niemekkeet (Kuva1), joiden avulla virtaus saadaan ohjattua kosteikon läpi niin, että koko pinta-ala tulee hyödynnettyä (Eloranta 2010, 94). Niemekkeet on hyvä kaivaa niin, että ne eivät ole suorassa yhteydessä mantereeseen, jolloin niillä pesivät vesilinnut saavat paremman suojan maapetoja vastaan. Niemekkeiden ei ole välttämätöntä yltää pinnalle asti, sillä myös pinnanalainen korkeusvaihtelu ja harjanteet parantavat kosteikon toimivuutta.

Matalan veden alueella tulee kasvaa joko luonnostaan tai siirtoistutettuna vesikasvillisuutta. Kasvillisuus pidättää tehokkaasti liukoisia ravinteita. Siirtoistuttaminen ei ole välttämätöntä, sillä vesikasvit levittyvät tehokkaasti luontaisestikin. Hyviä vesikasveja kosteikkoon ovat muun muassa ahvenvita, uistinvita, palpakot, sarakasvit, järvikorte, kilpukka, limaska ja ärviä. Kosteikossa vältettäviä kasveja ovat osmankäämit, järviruoko ja järvikaisla sekä vesirutto. Näiden leviämistä uusille kosteikoille tulee pyrkiä välttämään, sillä ne muodostavat nopeasti tiheitä kasvustoja, joiden katveessa vesilinnuille on vähänlaisesti suojaa ja ravintoa. Lisäksi niiden poistaminen on vaikeaa ja ne valtaavat alaa muilta vesikasveilta. (Aitto-Oja, Rautiainen, Alhainen, Svensberg, Väänänen, Nummi, & Nurmi 2010.)

Kosteikon patorakenne tulisi rakentaa niin, että kosteikko voidaan ajoittain tyhjentää vedestä. Tällöin suurten valuma-alueiden kosteikoissa kyseeseen tulee niin sanottu settipatoratkaisu, jossa kosteikon pinnan korkeutta voidaan säätää vaaka- tai pystysettejä lisäämällä tai poistamalla. Pystysettipato mahdollistaa vesieliöiden helpomman liikkumisen, mutta pienillä virtaamilla vaakasettipadolla pinnan korkeus on helpompi pitää riittävän korkeana.

Munkki (Kuva 2) tai muu vastaava tyhjennyksen mahdollistava ratkaisu tulee sijoittaa patonotkon alimpaan kohtaan. Näin kosteikon tyhjentäminen kokonaan mahdollistuu. Munkin sisään rakennetun settipadon lisäksi tulva-aikoja varten padossa tulee olla pohjapatomallinen uoma tulvavesien pois juoksutusta varten. Tämä ratkaisu vähentää patoon kohdistuvaa eroosio rasitusta ylivirtaamaaikoina. (Puustinen, Koskiahho, Jormola, Järvenpää, Karhunen, Mikkola-Roos, Pitkänen, Riihimäki, Svensberg & Vikberg 2007, 46–48; Aitto-Oja ym. 2010, 47–53.) Kalliojärven valuma-alueelle rakennettavien kosteikkojen patorakenteissa ei ole tarvetta huomioida kalojen kulkua, pois lukien Pahaojaan suulle suunniteltu kosteikkokohde.



Kuva 2. Munkin rakennekaavio (Aitto-Oja ym. 2010, 47)

Yläpuolisessa kuvassa esitellään munkin rakenne. Munkin perustana on sementtinen kaivonrengas:

1. Tuet säätölankuille, väli 60 tai 85 mm.
2. Vedenpinnan korkeutta säätevien lankkujen sijoitus, paksuus 50 tai 75 mm.
3. Valetut tuet tulo ja poistoputkelle.
4. Valuun sijoitetut muoviholkit putkien kiinnittämiseen.
5. Paikoilleen laitettu tulo- tai poistoputki (Aitto-Oja ym. 2010, 47).

Valuma-alueeltaan alle 50 hehtaarin kosteikkokohteissa munkki voidaan korvata esimerkiksi kahdella 200 mm rumpuputkella, joiden päät taivutetaan ylös. Tyhjennettäessä kosteikkoa putkien päät lasketaan alas. (Aitto-Oja ym. 2010, 17.)

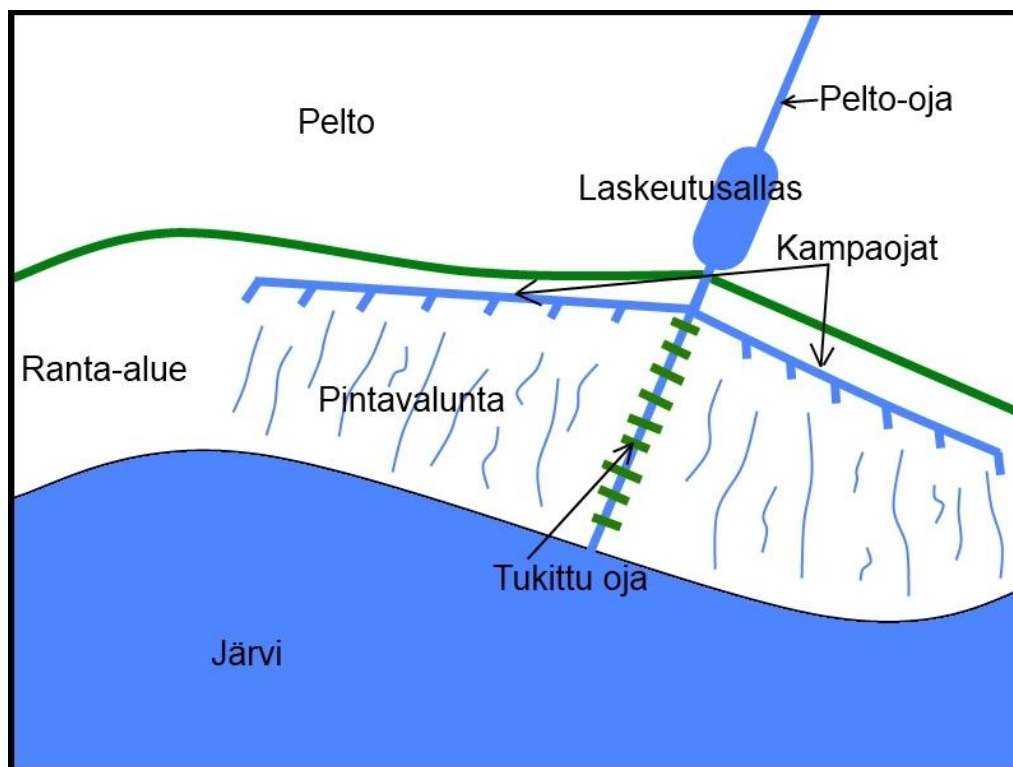
Kosteikon hoidossa ranta-alueet tulee ohjeiden mukaan pitää avoimina, jolloin maisema säilyy siistinä. Ajoittainen vesikasvien niitto ja niittotähteen pois kerräminen loppukesästä voi tehostaa ravinteiden pidätystä. Kosteikon syvänteisiin kertyvät kiintoaineet tulee tarpeen vaatiessa poistaa aika ajoin, jotta kosteikon tilavuus pysyy hyvän pidätyskyvyn kannalta riittävänä. Jo suunnitteluvaiheessa syväenne tulee sijoittaa kosteikkoon niin, että sen puhdistaminen on käytännössä mahdollista. Lietteen poisto tulee suorittaa ennen kuin siitä alkaa olla haittaa kosteikon toiminnalle. Tämän vuoksi lietteen määrää tulee seurata vuosittain. (Eloranta 2010, 94–95; Maatalouden monivaikutteiset kosteikot 2010.)

Ajoittainen kuivattaminen hapettaa kosteikon pohjaa ja parantaa näin ravinteiden pysymistä kosteikossa. Hyvä ajankohta kosteikon tyhjentämiselle on syksyllä ennen syyssateita lintujen jo muutettua pois. Kuivattaminen lisää kosteikon vesilintujen tuotantopotentiaalia parantamalla vesihyönteisten elinmahdollisuuksia. Kuivatuksen yhteyteen on viisasta ajoittaa myös kosteikon syväenneosan ruoppaus, joka hoituu tällöin pitkäpuomisella kaivinkoneella patopenkereltä käsin. Ravinteikas pohjasta ruopattu liete kannattaa levittää takaisin pellolle, jos se on mahdollista. (Puustinen ym. 2007, 69.)

Kosteikon vesilintukantojen hoidon kannalta keväinen pienpetopyynti on suositeltavaa. Kosteikkojen rantakaistoille on myös mahdollista perustaa riistapeltoja. (Aitto-Oja ym. 2010, 36–37 ja 45.)

2.2 Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskenttä rakennetaan tukkimalla oja kentän alalta esimerkiksi turpeella ja paalutuksilla niin, että oikovirtauksia ei pääse esiintymään (Kuva 3). Pado-
tun ojan osuuden yläpuolelle kaivetaan kammanmalliset jako-ojat niin, että vesi saadaan levitettyä tasaisesti ilman oikovirtauksia koko kentän alalle. (Pintavalutus-
kenttä - suunnittelussa huomioitavia asioita 2011.) Veden levittäminen kentälle voidaan toteuttaa kampaajien sijaan myös putkien avulla, joihin on tehty sopivin välein reikiä.



Kuva 3. Pintavalutuskentän yleisrakennekaavio. Kuva: Antti Karhapää.

Kentän koon tulisi suositusten mukaan olla vähintään 1–2 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta, jotta kentän ravinteiden ja kiintoaineiden pidätyskyky olisi riittävän hyvä. Pintavalutuskentät tulee pyrkiä sijoittamaan niin, että tulva-vesi ei pääse nousemaan kentälle asti ja huuhtomaan näin ravinteita kentästä alapuoliseen vesistöön. Kentän kaltevuus ei saa ylittää 1 %. Suurempi kaltevuus lisää oikovirtauksen todennäköisyyttä. (Eloranta 2010, 86.)

Merkityksellisimmät seikat kentän tehokkuuden kannalta ovat kentän koko, turvekerroksen paksuus, kaltevuus, käyttöaste ja kentän tehokkuutta heikentävien oikovirtauksien estäminen. Turve on ravinteiden ja kiintoaineiden pidättäjänä kasvillisuutta merkityksellisempi, mutta kasvillisuudellakin on vaikutuksensa. Kentällä olisi hyvä olla turvetta vähintään 20 cm. Silloin päästään hyviin pidätystehokkuuksiin, sillä turpeen kemiallinen ja biologinen ravinteidenpidätys on aktiivisinta pinnan ja 20 cm syvyyden välillä. (Pintavalutuskenttä - puhdistustulokseen vaikuttavat tekijät 2011.)

Kentän yläpuolelle on hyvä kaivaa riittävän suuri laskeutusallas pidättämään kiintoainetta, jotta kenttä ei tukkeudu ja menetä ravinteiden pidätystehoaan (Kuva 3). Mikäli turpeen määrä kosteikolla vaikuttaa vähäiseltä, niin ravinteiden

pidätyksen tehokkuutta voisi parantaa istuttamalla kentille pajupistokkaita. Kevään aikana kasvanut pajukko olisi hyvä raivata pois syksyisin kasvukauden jälkeen, jotta rantamaisema pysyy avoimena ja siistinä. Samalla kentältä saadaan poistettua ravinteita.

2.3 Maanmuokkauksen vaikutus ravinnehuuhtoumaan

Pelto on kasvipeitteettömänä aikana alteimmillaan eroosiolle ja täten myös ravinteiden huuhtoutumiselle. Muokkauksen ajankohdalla ja tekniikalla voidaan vaikuttaa lähivesistöjen kuormitukseen. (Ekholm 2012b, 13–22.) Vesistöön huuhtoutuneet ravinteet eivät ole viljelijänkään etu. Järvenpohjaan päätyneet ravinteet eivät lisää pellon tuotantoa.

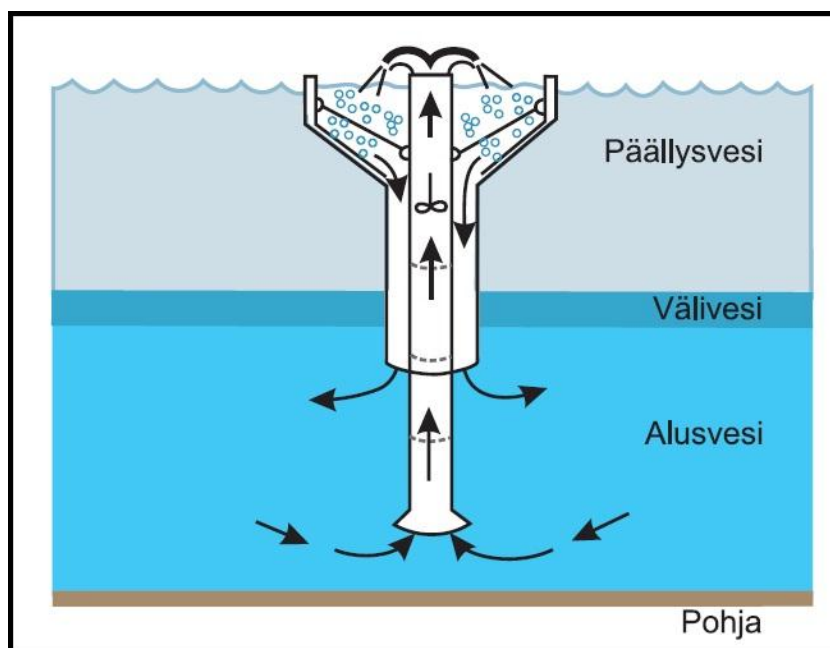
Muokkaus kannattaa ajoittaa niin, että pelto ehtii ainakin osittain kasvettua ennen tulvia ja voimakkaita sadejaksoja. Pahin tilanne eroosion kannalta on, jos järven rantaan rajoittuva pelto kynnetään myöhään syksyllä ennen syyssateita. Syysylivirtaamajakson aikana eroosio on kovimmillaan. Kevätylivirtaaman aikaan sama pelto joutuu myös voimallisen eroosion ja ravinteiden huuhtouman kohteeksi ennen kuin kasvusto alkaa kehittyä ja hillitä eroosiota. (Ekholm 2012b, 13–22.)

Myös kyntösuunnalla on merkityksensä eroosiota ja ravinnehuuhtoumaa pienennettäessä. Ylärinteestä suoraan vesistöä kohti kynnetyt vaot lisäävät eroosiota ja ravinnehuuhtoumaa. Poikittain rinteeseen nähden kyntämisellä voidaan vähentää tätä vaikutusta, koska vesi ei enää pääsekään suoraan virtaamaan vakoja myöten vesistöön. Kyntösuunnalla on merkitystä eniten kaltevilla peltoalueilla, joilla tuskin tulee vettymisongelmia kynnettäessä poikki rinteeseen. (Ekholm 2012b, 13–22.)

2.4 Hapetus

Tärkeimmät käytössä olevat hapetusmenetelmät ovat alusveden hapetus lisäämällä happea veteen, päällysveden johto alusveteen, veden vaakakierrätys ja lämpötilakerrostuneisuuden synnyn estäminen. Hapetus on luonteeltaan jatkuva rehevöityneen järven hoitomuoto. Hapetuksella pyritään parantamaan pohjasedimentin hapekkuutta, jolloin sisäinen kuormitus rauhoittuu. Jos hapetus jostain syystä lopetetaan, alkaa sisäisen kuormituksen kierre yleensä uudelleen. (Lappalainen & Lakso 2005, 152–153.)

Alusveden hapetus toteutetaan yleensä niin, että alusvettä pumpataan ensin pintaan. Pinnassa siihen sekoitetaan ilmaa, jonka jälkeen hapekas vesi pumpataan putkissa takaisin alusveteen (Kuva 4). Menetelmä soveltuu syville järville, jotka ovat talvikerrosteisuuden lopussa pinnasta pohjaan hapettomia. Menetelmä ei riko kerrosteisuutta, joten pohjasta vapautuneet ravinteet eivät pääse päällysveteen lisäämään levien kasvua. (Lappalainen & Lakso 2005, 157–158.)



Kuva 4. Alusveden suihkuhapettimen toimintaperiaate (Lappalainen & Lakso 2005, 157)

Päällysveden johto alusveteen toteutetaan pumpaamalla hapekasta päällysvettä alusveteen. Menetelmä soveltuu käytettäväksi matalien ja keskisyvien epämääräisesti kerrostuneiden järvien kerrosteisuuden voimakkaaseen sääte-

lyyn. Menetelmä ei sovellu käytettäväksi järvillä, joista happi loppuu talven kuluessa kokonaan. (Lappalainen & Lakso 2005, 158–159.)

Veden vaakakierrätystä voidaan käyttää vain erittäin matalissa järvissä tai niiden eristetyissä lahdissa. Menetelmällä estetään talviaikainen happikato esimerkiksi lahdessa, joka on tien rakentamisen takia eristynyt muusta järvestä. Siltarumpuun asennetulla pumpulla lahteen voidaan kierrättää järven puolelta hapekasta vettä. (Lappalainen & Lakso 2005, 159.)

Lämpötilakerrostuneisuuden purkaminen tai synnyn estäminen toteutetaan yleensä johtamalla alusveteen paineilmaa. Myös yleisessä käytössä olevilla hapettimilla, jotka sekoittavat ilmaa päällysveteen ja pumppaavat tätä hapekasta päällysvettä alusveteen voidaan veden lämpötilakerrosteisuus purkaa. (Lappalainen & Lakso 2005, 159–160.)

2.5 Ruoppaus

Koko järvaltaan ruoppaaminen ei ole järkevää ja ei aina teknisesti mahdollista. Kustannukset ruoppauksissa ovat suuret. Sedimentin kuljetus on sen vesipitoisuuden tähden ongelmallista ja läjitysalueiden tilantarve on suuri. Ennen ruoppausta tulee selvittää järven pohjan sedimentin laatu ja määrä. Ruoppaustekniikoita ovat imu-, kauha- ja kuivaruoppaus. (Viinikkala, Mykkänen & Ulvi 2005, 211–226.) Vesilain (587/2011) 3. luvun 3 §:ssä määritetään ruoppaus aina luvan vaativaksi vesitaloushankkeeksi, jos ruoppausmassojen määrä ylittää 500 m³ eikä kyseessä ole julkisen kulkuväylän kunnossapito.

Imuruoppaus suoritetaan joko rannalta tai ponttonilautalta käsin erityisellä imuruoppauskalustolla. Lietemäisen sedimentin läjitysalueen tarve on suuri. (Viinikkala ym. 2005, 216.)

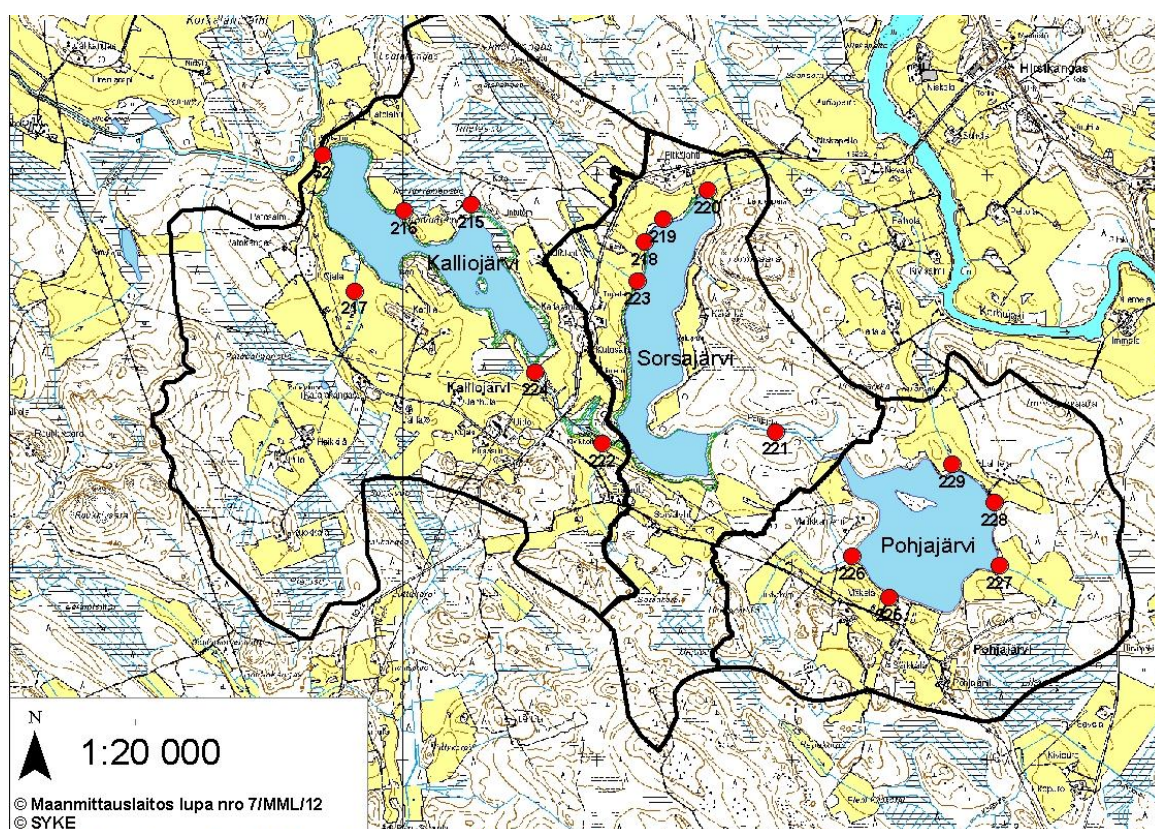
Koneellinen **kauharuoppaus** on mahdollista tehdä joko rannalta, kesäaikaan ponttonilautalta tai talviaikaan jään päältä. Kaikissa näissä vaihtoehtoissa ongelmaksi tulee kuitenkin sedimentin läjitys. Järven pohjan sedimentti on hyvin vesipitoista (sedimenttinäytteiden keskimääräinen vesipitoisuus oli 70,1 %, liite

5). Läjitysalueelle tulisi rakentaa altaat, joissa sedimentti pysyy ja pääsee kuivumaan haihtumalla ja ylivaluntana. (Viinikkala ym. 2005, 213–216.)

Kuivaruoppaus on menetelmä, jossa järvi ensin lasketaan lasku-uomaa perkaamalla kuivaksi. Tämän jälkeen sedimentin annetaan kuivua ja tiivistyä. Kuivunut sedimentti on helpommin kaivettavissa ja läjitettävissä kuin normaalin järven pohjasta nostettu hyvin lietemäinen sedimentti. Läjitykseen ei tarvitse varata suurta tilaa. (Viinikkala ym. 2005, 211.)

3 Tutkimus- ja suunnittelualue

Tutkimus- ja suunnittelualueella sijaitsee kolme toisistaan erillistä järviällästä (Kuva 5). Ylin järvistä on Pohjajärvi, joka laskee alapuoliseen Sorsajärvi–Pitkälähteen Pohjajokea myöten. Sorsajärvi–Pitkälähdestä vedet virtaavat edelleen Uitonpuroa myöten Kalliojärvi–Patojärven kautta Karhujokeen, joka lopulta laskee vetensä Kuokkastenkosken kautta Pielisen pohjoispäähän. Pohjajärvi sijaitsee siten aivan Vuoksen valuma-alueen latvoilla.



Kuva 5. Vesinäytteiden havaintopaikat 2010–2011

Kalliojärvi–Patojärvi ja Sorsajärvi–Pitkälähti muodostavat valtakunnallisesti arvokkaan lintuvesikokonaisuuden (Kontkanen 2009, 7). Kalliojärvi–Patojärven umpeenkasvu on silmämääräisesti arvioiden niin voimallista, että vesilintujenkin elinalueena järvi on menettänyt merkitystään. Alueella ei kuitenkaan ole jatkuvaa vesilintujen kannanseurantaa (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta). Kalliojärvi–Patojärvi on toiminut aikojen saatossa kosteikon tavoin pidättäen valuma-alueelta tulevaa kuormitusta.

Kaikkien kolmen järven pintaa on laskettu vuonna 1966. Taulukkoon 1 on koottu tarkempia tietoja pinnanlaskusta. Vuonna 1966 heti pinnanlaskun jälkeen Kalliojärven keskisyvyys oli 6,6 m, kun se on nykyään 0,6 m. Kalliojärven suurin syvyys on enää 1,2 metriä, mikä myös on merkittävästi vuoden 1966 keskisyvyyttä pienempi syvyys. Tämän tiedon perusteella voidaan todeta, että vuosien 1966–2012 kuluessa Kalliojärven valuma-alueelta on tullut merkittävästi kiintoainekuormitusta. Järven keskisyvyys on pienentynyt kyseisenä aikana noin 6 metriä. Pohjajärven ja Sorsajärven keskisyvyyksissä ei ole tapahtunut tänä aikana havaittavia muutoksia. (Taulukot 1 ja 2.)

Taulukko 1 Järvien vedenlaskutiedot vuodelta 1966 (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta)

Järvi	Järven numero	Lasku keskiveden korkeudesta (m)	Laskun jälkeinen keskisyvyys (m)	Vedenkorkeuden vaihtelut laskun jälkeen (m)
Sorsajärvi	04.464.1.002	0,5	0,8	1,2
Pohjajärvi	04.464.1.003	0,7	2,7	1,1
Kalliojärvi	04.469.1.007	0,2	6,6	1,1

Kalliojärven kylän välittömässä läheisyydessä ei ole näiden kolmen pienehkön (33,1–39,7 ha) järivialtaan lisäksi muita merkittäviä vesialueita, ellei Karhujokea huomioida (Taulukko 2). Lähijärvillä olisi kyläläisille virkistyskäytöllistä arvoa, jos niiden vedenlaatu olisi parempi. Nyt kesäisin voimakkaat leväkukinnat käytännössä estävät uimisen ja veden käytön esimerkiksi kylpyvetenä. Sorsajärvi–Pitkälahti ja Kalliojärvi–Patojärvi ovat mataluutensa ja voimakkaan sisäisen kuormituksensa vuoksi talviaikaan käytännössä koko vesisyvyydeltään hapettomia, joten niiden kalataloudellinen arvo on olematon.

Pohjajärvi on vesisyvyydeltään edellä mainittuja huomattavasti syvempi (suurin syvyys 8,5 m), joten sillä on edelleenkin jonkinasteista kalataloudellista merkitystä, ajoittaisesta pohjan hapettomuudesta huolimatta. Tutkimuksen aikana ei tehty kalastotutkimuksia. Sedimenttitutkimuksen (kevättalvi 2011) aikaan Pohjajärvellä oli paikallisia kyläläisiä pilkkimässä.

Taulukko 2. Pohjajärven, Sorsajärvi–Pitkälähdän sekä Kalliojärvi–Patojärven hydrologiset ja morfologiset perustiedot (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta)

Ominaisuus	Pohjajärvi	Sorsajärvi–Pitkälähti	Kalliojärvi–Patojärvi
Vesiala	0,40 km ²	0,33 km ²	0,33 km ²
Vesitilavuus	1 072 000 m ³	260 761 m ³	203 000 m ³
Keskisyvyys	2,7 m	0,8 m	0,6 m
Suurin syvyys	8,5 m	2,1 m	1,2 m
Valuma-alueen pinta-ala	2,31 km ²	4,35 km ²	10,16 km ²
Lasku-uoman keskivirtaama (MQ, kun $Mq_{1961-1990} = 10,2 \text{ l/s km}^2$)	23,6 l/s	44,4 l/s	103,6 l/s
Järven viipymä (= V/MQ)	16,8 kuukautta	2,24 kuukautta	0,75 kuukautta

Koska Kalliojärvi–Patojärvi on järvistä alimpana, on sen valuma-alue suurin (10,16 km²). Tästä johtuen myös lasku-uoman keskivirtaama on alueen järvistä suurin (103,6 l/s). Pohjajärven viipymä on alueen järvistä suurin (510 vrk.). Tähän ovat syynä järven suuri vesitilavuus ja pieni valuma-alue (231 ha). Kalliojärvi–Patojärven viipymä (23 vrk) on noin kolmannes Sorsajärvi–Pitkälähdän viipymästä (68 vrk). Sorsajärvi–Pitkälähti ja Kalliojärvi–Patojärvi ovat vesialaltaan ja -tilavuudeltaan samaa kokoluokkaa keskenään ja siten Pohjajärveä pienempiä etenkin tilavuudeltaan. (Taulukko 2.)

Taulukko 3. Pohjajärven vesitilavuuden jakautuminen syvyysvyöhykkeittäin (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta)

Syvyysvyöhyke (m)	Vesitilavuus syvyysvyöhykkeellä (m ³)
0–1,5	540 700 (50,4 %)
1,5–3,0	313 125 (29,2 %)
3,0–6,0	192 300 (18,0 %)
6,0–8,5	25 875 (2,4 %)
Yhteensä:	1 072 000 (100,0 %)

Pohjajärven suurin syvyys on noin 8,5 metriä. Järvelle on määritetty vesitilavuudet syvyysvyöhykkeittäin. Keskivedenkorkeudella syvyysvyöhykkeellä 0–1,5 m on hieman yli puolet Pohjajärven koko vesimassasta ja alueella 0–3,0 m on noin 80 % koko vesimassasta. Huolimatta 8,5 metrin syvänteestä Pohjajärvin on varsin matala. Sorsajärvi–Pitkälahden (suurin syvyys 2,1 m) ja Kalliojärvi–Patojärven (suurin syvyys 1,2 m) vesimassasta valtaosa on syvyysvyöhykkeellä 0–1,5 m. (Taulukot 2 ja 3.)

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Järvien veden laatu

Kalliojärvi–Patojärven (Taulukko 14), Sorsajärvi–Pitkälahden (Taulukko 10) ja Pohjajärven (Taulukko 6) veden laatua selvitettiin vesinäyttein vuoden 2010 kuluessa. Näytepisteitä oli kolme eli yksi kussakin järvessä. Kalliojärvi–Patojärven vesinäyte otettiin Patojärven lasku-uomasta eli havaintopaikalta puro 52. Pitkälähti–Sorsajärven vesinäyte otettiin 1,8 metrin syvänteestä keskeltä Pitkälähtea metrin verran pinnan alapuolelta. Pohjajärven vesinäytteet otettiin 8,8 metrin syvänteestä. Ensimmäinen näyte otettiin metrin verran pinnan alapuolelta ja toinen metrin verran pohjan yläpuolelta eli 7,8 metristä. Näistä standardin mukaisista syvyyksistä otetuista näytteistä voidaan luotettavasti arvioida sisäisenkuormituksen suuruutta.

Vesinäytteet otettiin jäältä käsin talvikerrosteisuuden lopussa, koska veden laatu on silloin huonoimmillaan. Näin saadaan selkeä kuva siitä, mikä on järvien kunto pahimmillaan. Vesinäytteistä analysoitiin SYKE:n laboratoriossa kiintoaine, happipitoisuus (O_2), kokonaistyyppityppi (Kok. N) ja sen liukoiset muodot ammonium (NH_4^+), nitraatti (NO_2^-) ja nitriitti (NO_3^-), sekä kokonaisfosfori (Kok. P) ja sen liukoinen muoto fosfaatti (PO_4^{3-}). Ravinteiden liukoiset muodot ovat kasveille välittömästi käyttökelpoisia.

Vesinäytteisiin pohjautuen toteutettiin minimiravinnetarkastelu. Minimiravinne saadaan määritettyä laskemalla typen ja fosforin vertailuluvut alla esitettyjen kaavojen avulla. Minimiravinnetarkastelussa on laskettu kokonaisravinteiden suhde, joka on vähiten herkkä kuvaamaan ravinteiden perustuotannon rajoittavuutta. Mineraaliravinteiden suhdeluku on edellistä herkempi kuvaamaan ravinteiden rajoittavuutta ja ravinteiden tasapainosuhte kaikkein tarkin. (Tossavainen 2012.)

Kokonaisravinteiden pitoisuuksien suhde saadaan jakamalla kokonaistyyppipitoisuus kokonaisfosforipitoisuudella.

$$\frac{\text{Kok. N}}{\text{Kok. P}}$$

Mineraaliravinteiden pitoisuuksien suhde saadaan jakamalla yhteenlaskettu typenliukoisten muotojen pitoisuus fosfaattipitoisuudella eli fosforin mineraalimuodon pitoisuudella.

$$\frac{(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)}{\text{PO}_4^{3-}}$$

Ravinteiden tasapainosuhte saadaan jakamalla kokonaisravinteiden pitoisuuksien suhde Mineraaliravinteiden pitoisuuksien suhteella.

$$\frac{\frac{\text{Kok. N}}{\text{Kok. P}}}{\frac{(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)}{\text{PO}_4^{3-}}}$$

Edellä esitettyjen kaavojen avulla saatuja suhdelukuja on lopuksi verrattu taulukkoon 4, josta käy ilmi, rajoittaako järven perustuotantoa typpi vai fosfori, vai molemmat yhdessä.

Taulukko 4. Minimiravinteiden raja-arvot (Tossavainen 2012)

Kokonaisravinteiden suhde	Mineraaliravinteiden suhde	Ravinteiden tasapainosuhte	Minimiravinne
< 10	< 5	> 1	N
10–17	5–12	1	N tai P
> 17	> 12	< 1	P

4.2 Valuma-alueelta tuleva kuormitus

Vesinäytteet otettiin kaikista järviin laskevista uomista sekä järvien lasku-uomista. Näytteistä määritettiin Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa samat vedenlaatumuuttujat kuin järviaaltaista otetuista näytteistä, lukuun ottamatta happipitoisuutta. Lisäksi kultakin havaintopaikalta määritettiin mahdollisuuksien mukaan virtaama käyttäen Global Waterin valmistamaa siivikkoa. Kaikkien havaintopaikkojen koordinaatit tallennettiin käyttäen Garmin GPSmap 60CSx satelliittipaikanninlaitetta.

Kalliojärvi–Patojärven ja Sorsajärvi–Pitkälahden valuma-alueilta tuleva kuormitus selvitettiin vuoden 2010 aikana kevät- ja syysylivirtaama-ajan vesinäytteisiin pohjautuen. Pohjajärven valuma-alueelta järveen päätyvä ravinnekuormitus selvitettiin vuoden 2011 kevät- ja syysylivirtaama-ajan vesinäytteitä analysoimalla. Havaintopaikat on merkitty kuvaan 5. Alkuperäiset vesinäyte- ja virtaamamittaustulokset ovat tämän työn liitteessä 1.



Kuva 6. Pohjajärveen laskevan ojan edusta (näytteenottopiste 228) kevätylivirtaaman aikaan 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Vesinäytteiden ja virtaamamittausten perusteella on laskennallisesti arvioitu näytteenottovuoden aikainen valuma-alueelta tuleva kokonaisfosfori-, kokonaistyppi- ja kiintoainekuormitus kuhunkin järveen erikseen. Kokonaisfosforikuormi-

tuksen tulokset löytyvät järvittäin kappaleista 5.1.2, 5.2.2 ja 5.3.2. Kokonaistyp-
pi- ja kiintoainekuormituksen laskennalliset tulokset on esitetty liitteessä 2. Alla
on esitetty kuormituksen arvioinnissa käytetyt laskukaavat.

Järveen laskevan uoman virtaamapainotettu veden ainepitoisuus saadaan yhtä-
löstä:

$$C_{\text{virtaama painotettu keskiarvo}} = ((c_1 + Q_1) + (c_2 + Q_2)) / (Q_1 + Q_2).$$

c_1 ja c_2 ovat tässä kevät- ja syysylivirtaaman ajan vesinäytteistä laboratoriossa
mitatut fosforipitoisuudet.

Q_1 ja Q_2 ovat tässä näytteenoton yhteydessä siivikkomittauksien avulla määrite-
tyt sen hetkiset virtaamat.

Uoman kokonaisvuosikuorma L saadaan yhtälöstä:

$$L = C_{\text{virtaama painotettu keskiarvo}} \times MQ.$$

MQ on keskivirtaama järveen laskevassa uomassa. MQ on määritetty kertomal-
la ojauoman valuma-alueen pinta-ala koko maan pitkän aikavälin keskivalunnal-
la ($Mq_{1961-1990} 10,2 \text{ l/s/km}^2$) (Tossavainen ym. 2011, 14).

4.3 Fosforimallit

4.3.1 Lappalaisen fosforimalli

Lappalaisen fosforimallin soveltamisen ehtona on, että järven keskisyvyys on
vähintään 1 metri ja veden kokonaisfosforipitoisuus saa olla enintään $40 \mu\text{g/l}$.

$$R = 0,9 \times (c_l \times T) / (280 + c_l \times T).$$

R on kokonaisfosforin nettosedimentaatiokerroin, joka kertoo kuinka suuri osuus
vuoden aikana järveen kohdistuneesta ulkoisesta fosforikuormituksesta sedi-
mentoituu pysyvästi järven pohjaan.

c_l on sekoituspitoisuus, joka järvessä vallitsee, kun sedimentaatiota ei vielä ole ehtinyt tapahtua. Se saadaan jakamalla fosforin vuosikuorma tutkimusvuoden lasku-uoman keskivirtaamalla ($c_l = I/Q$).

T on järven teoreettinen viipymä, joka saadaan jakamalla järven tilavuus lasku-uoman keskivirtaamalla ($T = V/MQ$).

Kun ulkoinen fosforin vuosikuormitus tunnetaan luotettavasti, voidaan järvelle laskea seuraavalla yhtälöllä keskimääräinen vuosikeskipitoisuus kokonaisfosforille.

$$C \text{ laskennallinen, mallilla ennustettu} = (1-R) I/MQ.$$

Suurin sallittu fosforikuorma saadaan yhtälöstä:

$$I \text{ (Input)} = 0,158 MQ / T (c T - 280 + \sqrt{78400 - 448 c T + c^2 T^2}).$$

Tämä yhtälö perustuu kahteen edelliseen yhtälöön. c on järven suurin sallittu fosforipitoisuus (mg/m^3). I :n yksikkö on tonnia kok.P/a. (Tossavainen ym. 2011, 14).

4.3.2 Vollenweiderin fosforimalli

Suurin sallittu kokonaisfosforikuorma (Y_A), joka ei ylitä järven sietokykyä, saadaan yhtälöstä:

$$Y_A = 0,055 x^{0,635}.$$

$x (= q_s)$ = hydraulinen pintakuorma (m/a) = $MQ (\text{m}^3/\text{a}) / A (\text{m}^2)$. Yhtälössä kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu $10 \mu\text{g}/\text{l}$.

Järvelle vaarallinen kokonaisfosforikuorma (Y_D) saadaan yhtälöstä:

$$Y_D = 0,174 x^{0,469}.$$

Yhtälössä kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu $20 \mu\text{g}/\text{l}$. (Tossavainen ym. 2011, 14).

4.4 Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus

Kevättalvella 2011 kartoitettiin kaikkien kolmen järivialtaan pohjasedimentin laatu ja määrä silmämääräisin havainnoin ja laboratorionäyttein (Liite 6). Havaintopaikat valittiin niin, että saadaan kattava kuva järvien pohjasedimentin paksuudesta. Sedimenttinäytteet kerättiin turvekairalla, jota käytetään tavallisesti turvesoiden turvekerrosten tutkimiseen (Kuva 7). Pohjajärven syvänteestä sedimenttinäytteet otettiin käyttäen viipaloivaa Limnos sedimenttinäytteenotinta. Mahdollisuuksien mukaan WTW:n kenttämittarilla mitattiin sedimentin pinnan redox-arvot. Silmämääräiset havainnot kirjattiin välittömästi ylös ja ne kirjoitettiin puhtaaksi toimisto-olosuhteissa. Havaintopaikkojen koordinaatit tallennettiin käyttäen Garmin GPSmap 60CSx satelliittipaikanninlaitetta.

Laboratorioon toimitetut näytteet valittiin niin, että kunkin tutkimuksen kohteena olevan järven sedimentin keskimääräinen laatu saatiin selville. Laboratorioanalyysit tehtiin Kokemäen vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella välittömästi näytteenoton jälkeen pakastetuista näytteistä (Liite 6).



Kuva 7. Turvekairalla otettu pohjasedimenttinäyte Pohjajärvellä maaliskuussa 2011. Kuva: Juha Hyvärinen.

Sedimenttinäytteiden oton yhteydessä otettiin myös muutamia pohjaeläinnäytteitä (Liite 6) käyttäen Ekman-tyyppistä pohjaeläinnäytteenotinta ja 500 µm silmäkoon siiviläsankoa. Näytteet säilöttiin pakastepurkkeihin 92 % etanolilla.

4.5 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden mitoitus

Näytteenottojen yhteydessä ja erillisissä maastokatselmuksissa syksyn 2011 aikana kartoitettiin mahdollisia vesiensuojelurakenteiden paikkoja. Ennen maastokäyntejä mahdolliset kohteet kartoitettiin karttatyöskentelyn avulla. Maastokäynneillä havainnoitiin ja dokumentoitiin vesiensuojeluteknisten rakenteiden sijoitusmahdollisuudet. Lisäksi kirjattiin kohteiden tämän hetkinen maankäyttö ja ympäristön muut erityispiirteet sekä kohteen rakentamisen kannalta olennaiset huomiot. Katselmuksien aikana otettiin valokuvia ja niistä havainnollisimpia on valittu tähän työhön.

Kosteikkojen ja pintavalutuskenttien mitoituksessa on hyvä pyrkiä siihen, että rakenteen tehollinen pinta-ala on vähintään 2 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta (Eloranta 2010, 86 ja 94). Tällöin päästään hyviin pidätystehokkuuksiin. Maaston tarjoamien mahdollisuuksien mukaan rakenteesta kannattaa pyrkiä tekemään aina mahdollisimman iso. Jos rakenteen yläpuolelle samaan uomaan perustetaan muita rakenteita, voi pienempikin pinta-ala tällöin olla riittävä.

Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin myös suunniteltujen rakenteiden pidätystehokkuuksia ja niiden vaikutusta järviin päätyvään kuormitukseen. Kosteikkojen osalta pidätystehokkuuksia arvioitaessa käytettiin jo olemassa olevista rakenteista määritettyjen pidätystehokkuuksien keskiarvoa (Taulukko 5). Riittävän laaja, sopivaan paikkaan perustettu ja hyvin toteutettu pintavalutuskenttä pidättää tutkimusten mukaan kiintoainetta, kokonaistyppeä ja kokonaisfosforia vähintään 30 % kenttään kohdistuvasta kuormituksesta (Eloranta 2010, 85).

Kentän ja kosteikon pidätystehokkuus riippuu ensisijaisesti rakenteen pinta-alan suhteesta yläpuolisen valuma-alueen pinta-alaan. Mitä suurempi rakenteen pinta-ala on suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen, sitä parempi on rakenteen pidätystehokkuus. Myös muilla rakenteen ominaisuuksilla on vaikutuksensa pi-

dätystehokkuuteen. Rakenteiden suunnittelun alustavasta luonteesta johtuen kohteiden pidätystehokkuuksina tämän työn laskelmissa on käytetty tutkimuksissa yleisesti havaittuja pidätystehokkuuksia. Kun rakenteen kaikki ominaisuudet ovat hyvällä tasolla, päästään vähintään näihin laskelmissa käytettyihin pidätystehokkuuksiin. Laskelmissa ei otettu huomioon suunniteltujen rakenteiden ominaisuuksien vaihtelun vaikutuksia pidätystehokkuuksiin. Kun rakenteita perustetaan, tulee niistä pyrkiä tekemään olosuhteet huomioonottaen vesiensuojellisesti mahdollisimman tehokkaat.

Taulukko 5. Kosteikoissa ja laskeutusaltaissa mitattuja vuotuisia ainepoistumia (Puustinen ym. 2007, 35)

Kosteikko	Kosteikko- tyyppi	Pinta-alojen suhde (%)	Kiintoaine (%)	Kokonaisfosfori (%)	Kokonaistyyppi (%)
Hovi	Kosteikko	5	68	62	36
Alastaro	Allas/kosteikko	0,5	41	19	0
Flytträsk	Kosteikko	3	16	15	11
Rantamo	Kosteikko	0,4	28	21	0
Tuijanpuro	Allas	0,05	18	6	3
Keskiarvo		1,79	34	25	10

Osavaluma-alueilta tulevan kiintoaine- ja kokonaistyyppikuormituksen vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutuksesta muuttuneet arvioidut kuormat on esitetty liitteen 3 taulukoissa. Arviot kokonaisfosforikuormasta rakenteiden perustamisen jälkeen on esitetty kappaleen 6 (Kunnostussuunnittelu) alaluvuissa (6.2.2, 6.3.2 ja 6.4.2) kunkin järven osalta erikseen.

5 Tulokset ja tulkinta

Tässä kappaleessa esitetään Kalliojärven vesistöalueen nykytilan kartoituksessa saadut tulokset järvittäin, alkaen latvajärvestä ja edeten alavirtaan. Samalla tarkastellaan, mitä mittaustulokset kertovat järvien ja niiden valuma-alueiden nykytilasta. Mittauksin ja laskelmin on pyritty kartoittamaan järvien ja niiden valuma-alueiden kunnostustarvetta ja mahdollisuuksia.

5.1 Pohjajärven nykytila

5.1.1 Järven veden laatu

Päällys- ja alusveden välillä oli näytteenoton aikaan (13.4.2010) suuria pitoisuus eroja ravinteissa talvikerrostuneisuuden aikana. Samana ajankohtana koko järven vesimassa oli hapeton. (Taulukko 6.)

Päällysvedestä otetuissa vesinäytteissä fosfaattifosforia on kokonaisfosforista ollut 31–18 %. Talvikerrostuneisuuden lopussa alusvedestä mitattiin kokonaisfosfori pitoisuudeksi 1000 µg/l, mikä kaikki oli kasveille käyttökelpoista fosfaattifosforia (PO_4^{3-}) (Wetzel 1983, 360–362). (Taulukko 6.) Alusveden fosforipitoisuus ylittää ylirehevoityneen (hypereutrofisen) järven pitoisuuden selkeästi (Liite 5). Samaan aikaan alusveden kokonaistyyppipitoisuus oli 3900 µg/l, mistä valtaosa oli hapettomissa olosuhteissa esiintyvää ammoniumtyyppiä (3200 µg/l) (Taulukko 6). Tämä ilmentää ainakin ajoittaista erittäin voimakasta sisäistä kuormitusta.

Fosfori on ollut Pohjajärven päällysveden minimiravinne talvikerrostuneisuuden ja kevättäyskierron aikana otetuissa näytteissä (Taulukko 6 ja 7). Syystäyskierron aikaan puolestaan typpi on ollut useimmin minimiravinteena (Taulukko 7). Typen ja fosforin vaihtelu minimiravinteena on tyypillistä reheville järville (Tos-savainen ym. 2011, 23).

Taulukko 6. Havaintopaikan Pohjajärvi 54 vedenlaatutulokset 2010 (Tossavainen 2012)

Pvm	Näytesyvyys (m)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻ (µg/l)	Kok. N (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kok. P (µg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (kyl. %)
13.4.2010	1	<2	580	1 200	10	34	0,4	3
	7,8	3 200	<5	3 900	1 000	1 000	<0,2	<2
27.4.2010	päällysvesi, kevättäyskierto, lämpötila +3,7 °C	7	200	940	10	55	-	-
11.10.2010	päällysvesi, syystäyskierto	7	38	640	14	45	-	-

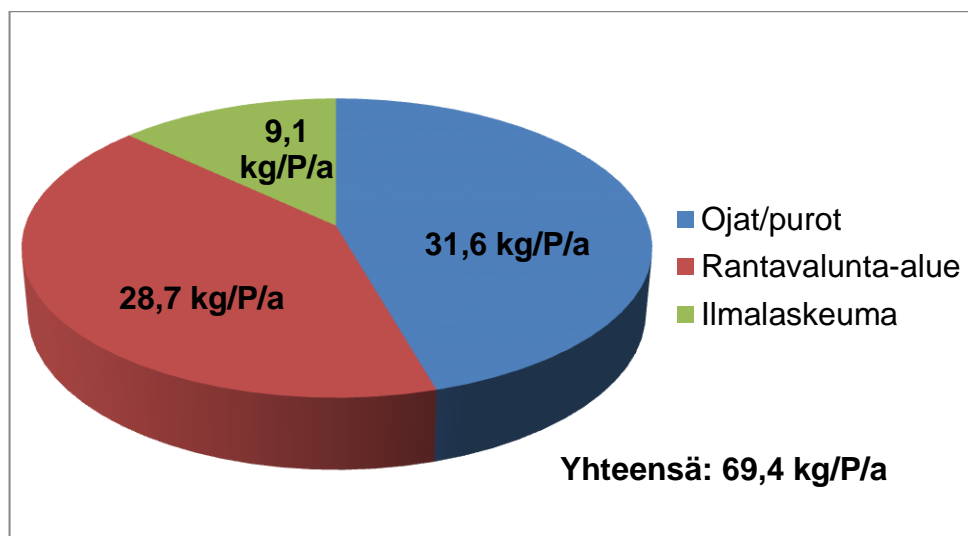
Taulukko 7. Pohjajärven minimiravinnetarkastelu 2010 (Tossavainen 2012)

Havaintopaikka (kokonaissyvyys)	Havaintopäivä	Näytesyvyys (m)	Kokonaisravinteiden suhde	Mineraaliravinteiden suhde	Ravinteiden tasapainosuhte
Pohjajärvi 54 (8,8 m)	13.4.2010	1,0	35: minimiravinne on P	58: minimiravinne on P	0,6: minimiravinne on P
	27.4.2010	1,0	17,1: minimiravinne on P	21: minimiravinne on P	0,8: minimiravinne on P
	11.10.2010	1,0	14: minimiravinne on N tai P	3,2: minimiravinne on N	4,4: minimiravinne on N

5.1.2 Valuma-alueelta tuleva kuormitus

Vuoden 2011 Pohjajärveen päätyneestä kokonaisfosforikuormituksesta 31,6 kg tuli ojauomista ja 28,7 kg järven rantavaluma-alueelta. Suoran ilmalaskeuman suuruudeksi arvioitiin 9,1 kg. Valuma-alueelta järveen tulee 87 % fosforikuormituksesta ja tähän kuormituksen osaan voidaan vaikuttaa erilaisilla toimilla valuma-alueella. (Kuvio 1.)

Pohjajärveltä selvitettiin vesinäyttein viiden uoman kokonaisfosforikuormitus. Lahtelanpurosta 228 (10,4 kg/a) ja Hukkalahdenpurosta 226 (8,9 kg/a) mitattiin suurimmat fosforikuormitukset. Tutkimusvuonna 2011 näistä kahdesta uomasta tuli noin 60 % uomista tulevasta kokonaisfosforikuormituksesta. Myös korkeimmat virtaamapainotetut kokonaisfosforipitoisuudet mitattiin Lahtelanpuro 228:sta (135,1 µg/l) ja Hukkalahdenpuro 226:sta (116,7 µg/l). Keskimääräinen kokonaisfosforin kuorma Pohjajärven valuma-alueelta oli 23,2 kg/km²/a. (Kuva 5 ja Taulukko 8.)



Kuvio 1. Pohjajärven fosforikuormitus 2011

Taulukko 8. Pohjajärven kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain 2011 (Tossavainen 2012)

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kokonaisfosforin keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaisfosforikuorma Pohjajärveen 2011 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaisfosforikuorma neliökilometriä kohden vuonna 2011 (kg/km ² /a)	Osuus Pohjajärven kokonaisfosforin vuosikuormasta (%)
Mäkelänoja 225	39,0	0,4	3,5	11,4	1,3
Hukkalahdenpuro 226	116,7	8,9	-	-	28,2
Likolahdenpuro 227	41,1	6,2	47	13,2	19,6
Lahtelanpuro 228	135,1	10,4	24	43,3	32,9
Tervakorvenoja 229	76,7	5,7	23	24,8	18,0
Yhteensä		31,6	97,5	Keskiarvo: 23,2	100,0

5.1.3 Fosforimallit

Vuonna 2011 havaittu kokonaisfosforikuorma alittaa Lappalaisen mallin vaarallisen kuorman 129,6 kilolla ja Vollenweiderin vaarallisen kuorman 24,6 kilolla (Taulukko 9). Tällä hetkellä Pohjajärven sisäinen kuormitus on ainakin ajoittain suurta, mikä aiheuttaa järven heikon tilan (5.1.1 Järven veden laatu). Jos sisäinen kuormitus saadaan hallintaan, niin ulkoinen kuormitus ei aseta rajoitteita järven toipumiselle.

Taulukko 9. Yhteenveto Pohjajärven fosforimalleista (Tossavainen 2012)

Pohjajärven tuleva kokonaisfosforin vuosikuorma	Kokonaisfosforin pidättymiskerroin	Ennustettu eli mallitarkasteluun perustuva las-kennallinen jär-ven kokonaisfos-forin pitoisuus	Todellinen ha-vaittu kokonais-fosforin pitoi-suus vuonna 2010
Malli Lappalainen			
Havaintoihin perustuva 69,4 kg vuosi 2011	74 %	20 µg/l	52 µg/l (= havain-tojen 57 µg/l, 55 µg/l ja 45 µg/l keskiarvo)
Muuttunut kuorma 60,7 kg/a	73 %	19 µg/l	-
Luonnontilaisen Pohja-järven kuorma 21 kg	56 %	12 µg/l	-
Eutrofisen Pohjajärven kuorma 199 kg	85 %	40 µg/l (Lappalai-sen mallin sovel-tuvuuden yläraja; rasantin sisäisen kuormituksen riskiraja)	-
Malli Vollenweider			
Hyväksyttävä kuorma 33 kg	-	10 µg/l	-
Vaarallinen kuorma 94 kg	-	20 µg/l	-

5.1.4 Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus

Havaintopaikoilta 2–6 oli mahdollista mitata turvekairaa käyttäen orgaanisen sedimenttikerroksen kokonaispaksuus. Orgaanista sedimenttiä oli näillä havain-topaikoilla 35–115 cm (Liite 6). Sedimentin määrä on maltillinen, mutta sen huono kunto aiheuttaa Pohjajärven voimakkaan sisäisen kuormituksen. Pin-tasedimentin redox-arvo (hapetus-pelkistysaste) vaihteli -249 ja -222 millivoltin välillä (Liite 6). Fosfori vaatii pohjassa pysyäkseen vähintään +300 mV (Tossa-vainen 2011, 16).

Pohjajärveltä otettiin sedimenttitutkimuksen yhteydessä pohjaeläinnäyte neljältä havaintopaikalta. Näytteissä havaittiin vain yksittäisiä surviaissääsken (*Chironomidae spp.*) toukkia (Liite 6). Surviaissääsket kestävät voimakastakin rehevöitymistä. Niiden huomattava vähäisyys näissä näytteissä indikoi pohjasedimentin erittäin huonoa kuntoa.

5.2 Sorsajärvi–Pitkälahden nykytila

5.2.1 Järven veden laatu

Pitkälahden syvänteestä kevättälvella (13.4.2010) otetun vesinäytteen mukaan järven vesimassa oli hapeton. Ravinnepitoisuuksissa voidaan havaita suurta vaihtelua eri havaintoajankohtien välillä, mikä kuvastaa epävakaata ekosysteemiä. (Taulukko 10.)

Kokonaisfosforipitoisuus vaihteli havaintoaikana välillä 59–270 µg/l, mikä ilmentää järven selkeää eutrofiaa (rehevöitymistä) ja ajoittaista hypereutrofiaa (Taulukko 10 ja Liite 5). Minimiravinteena (Taulukko 11) on hyvin vaihtelevasti typpi ja fosfori tai molemmat yhdessä, mikä on ominaista reheville järville (Tossavainen ym. 2011, 23).

Taulukko 10. Sorsajärvi–Pitkälahden alueen vedenlaatutuloksia 2010 (Tossavainen ym. 2011, 18)

Havaintopaikka (Kokonaissyvyys)	Pvm	Näyte- sy- vyys (m)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ (µg/l)	Kok. N (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kok. P (µg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (kyll. %)
Pitkälähti 53 (1,8 m)	13.4.2010	1,0	410	36	1 400	200	270	<0,2	<2
Uitonpuro 224	27.4.2010	-	13	190	1 000	12	82	-	-
Uitonpuro 224	11.10.2010	-	49	50	890	13	59	-	-

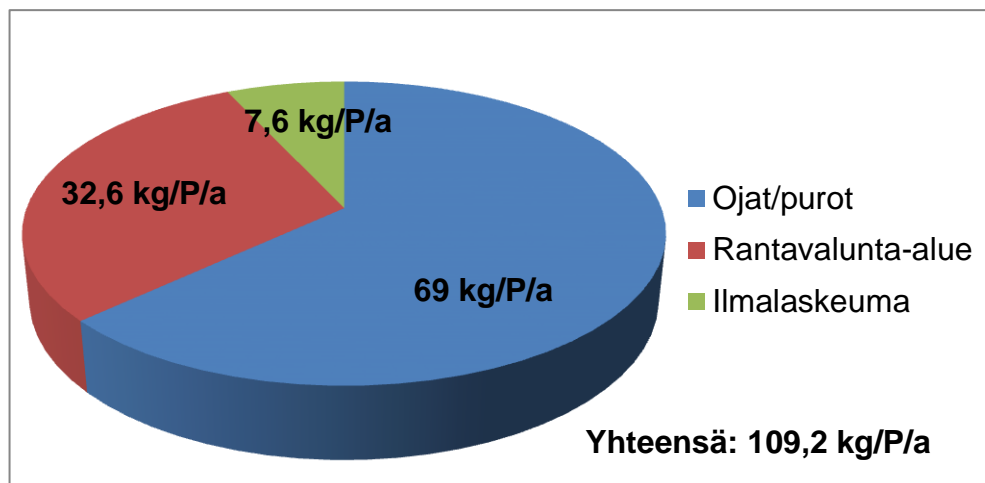
Taulukko 11. Sorsajärvi–Pitkälahden alueen minimiravinnetarkastelu (Tossavainen ym. 2011, 18)

Havaintopaikka	Havaintopäivä	Näytesyvytydet (kokonais-syvyys) (m)	Kokonaisravinteiden suhde	Mineraaliravinteiden suhde	Ravinteiden tasapainosuhte
Pitkälähti 53	13.4.2010	1 (1,8)	5: minimiravinne on N	2: minimiravinne on N	2,3: minimiravinne on N
Uitonpuro 224	27.4.2010	-	12: minimiravinne on N tai P	17: minimiravinne on P	0,7: minimiravinne on P
Uitonpuro 224	11.10.2010	-	15: minimiravinne on N tai P	8: minimiravinne on N tai P	2: minimiravinne on N

5.2.2 Valuma-alueelta tuleva kuormitus

Vuoden 2010 Sorsajärvi–Pitkälähteen päätyneestä kokonaisfosforikuormituksesta 69 kg tuli ojauomista ja 32,6 kg järven rantavaluma-alueelta. Suoran ilmalaskeuman suuruudeksi arvioitiin 7,6 kg. Valuma-alueelta järveen tulee 93 % fosforikuormituksesta ja tähän kuormituksen osaan voidaan vaikuttaa erilaisilla toimilla valuma-alueella. (Kuvio 2.)

Sorsajärvi–Pitkälähdellä selvitettiin vesinäyttein viiden uoman kokonaisfosforikuormitus. Virtaamaltaan suurin Pohjajärvestä tuleva Pohjajoki oli suurin yksittäinen kuormittaja (50,2 kg/P/a). Neljän muun uoman kokonaisfosforikuormitus oli havaintovuonna yhteensä vain 18,8 kg. Keskimääräinen kokonaisfosforin kuorma Sorsajärvi–Pitkälahden valuma-alueelta oli 42 kg/km²/a. (Kuva 5 ja Taulukko 12.)



Kuvio 2. Sorsajärvi–Pitkälahden fosforikuormitus 2010

Taulukko 12. Sorsajärvi–Pitkälahden kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain 2010 (Tossavainen ym. 2011, 21)

Havaintopaikka	Virtaama-painotettu kokonaisfosforin keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaisfosforikuorma Sorsajärvi–Pitkälahden 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaisfosforikuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)	Osuus Sorsajärvi–Pitkälahden kokonaisfosforin vuosikuormasta (%)
Oja 218 Pitkälahden	170	1,4	2,6	53,8	2,0
Oja 219 Pitkälahden	140	2,6	5,7	45,6	3,8
Oja 220 Pitkälahden	160	8,3	16,2	51,2	12,0
Pohjajoki 221	54,9	50,2	284,2	17,7	72,8
Oja 223 Pitkälahden	130	6,5	15,6	41,7	9,4
Yhteensä		69	324,3	Keskiarvo: 42,0	100,0

5.2.3 Fosforimallit

Lappalaisen mallin mukaan vuoden 2010 havaittu kokonaisfosforikuorma ylitti sallitun kuorman noin 30 kg:lla, sen sijaan Vollenweiderin mallin mukaista vaarallista kuormaa fosforikuormitus ei ylittänyt. Vuoden 2010 havaintojen mukaan tuleva kuormitus oli kaikkiaan noin 109 kg/kok.P/a. (Taulukko 13.) Tällä hetkellä Sorsajärvi–Pitkälahden sisäinen ja ulkoinen kuormitus ovat molemmat korkealla

tasolla ja ne yhdessä saavat aikaan järven heikon tilan (5.2.1 Järven veden laatu).

Taulukko 13. Yhteenveto Sorsajärvi–Pitkälähden fosforimalleista (Tossavainen ym. 2011, 22)

Sorsajärvi– Pitkälähteen tule- va kokonaisfosforin vuosikuorma	Kokonaisfosforin pidätyksikerroin	Ennustettu eli mallitarkasteluun perustuva laskennallinen järven kokonaisfosforin pitoisuus	Todellinen havaittu kokonaisfosforin pitoisuus vuonna 2010
Malli Lappalainen			
Havaintoihin perustuva 109,2 kg vuosi 2010	34 %	51 µg/l	137 µg/l (= havaintojen 270 µg/l, 82 µg/l ja 59 µg/l keskiarvo)
Muuttunut kuorma 103,56 kg/a	33 %	49 µg/l	
Luonnontilaisen Sorsajärvi–Pitkälähden kuorma 21 kg	10 %	14 µg/l	-
Eutrofisen Sorsajärvi–Pitkälähden kuorma 77 kg	27,40 %	40 µg/l	-
Malli Vollenweider			
Hyväksyttävä kuorma 46 kg	-	10 µg/l	-
Vaarallinen kuorma 113 kg	-	20 µg/l	-

Lappalaisen fosforimalli soveltuu käytettäväksi järvillä (Taulukko 13), joiden keskisyvyys on vähintään 1 metri. Sorsajärvi–Pitkälähden keskisyvyys on vain 0,79 metriä, joten se ei aivan täytä malli Lappalaisen soveltuvuusehtoa. (Tossavainen ym. 2011, 22.) Näihin tuloksiin tulee suhtautua varauksella.

5.2.4 Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus

Pitkälähdessä orgaanista ainesta sisältävän sedimentin paksuus vaihteli eri havaintopaikoilla välillä 1,26–4,4 m. Sedimenttiä oli keskimäärin 3 metriä. Sorsajärvessä orgaanista ainesta sisältävää sedimenttiä mitattiin olevan 3,63 m ja 4,85 m. Pitkälähden syvänteestä (2,1 m) mitattiin pintasedimentin redox-arvoksi

(hapetus-pelkistys) -265 millivoltia. (Liite 6.) Fosfori vaatii pohjassa pysyäkseen vähintään +300 mV (Tossavainen 2011, 16).

Sorsajärvi–Pitkälahdelta otettiin sedimenttitutkimuksen yhteydessä pohjaeläin-näyte kolmelta havaintopaikalta. Sorsajärveltä otetussa näytteessä havaittiin muutamia yksittäisiä surviaissääsken (*Chironomidae spp.*) toukkia. Pitkälahdelta otetuista kahdesta näytteestä ei havaittu ollenkaan pohjaeläimiä. (Liite 6.) Surviaissääsket kestävät voimakastakin rehevöitymistä. Niiden huomattava vähäisyys ja täydellinen puuttuminen tietyiltä alueilta kertovat pohjasedimentin erittäin huonosta kunnosta.

5.3 Kalliojärvi–Patojärven nykytila

5.3.1 Järven veden laatu

Havaintopaikalta Puro 52 otetuissa vesinäytteissä voidaan havaita ravinnepitoisuuksissa suurta vaihtelua eri havaintoajankohtien välillä, mikä kuvastaa epävakaa ekosysteemiä. (Taulukko 14.) Havaintopaikka on Patojärven lasku-uomassa, jossa veden virtaus sekoittaa veteen happea ympärivuoden. Tästä syystä tällä havaintopaikalla happipitoisuus on korkea verrattuna Pitkälahden ja Pohjajärven täysin hapettomiin kevättalvisiin näytteisiin (Taulukot 6 ja 10).

Kokonaisfosforipitoisuus vaihteli havaintoaikana välillä 93–200 µg/l, mikä ilmentää Patojärven selkeää hypereutrofiaa (ylirehevöitymistä) (Liite 5). Fosfaattifosforia (PO_4^{3-}) eli kasveille välittömästi käyttökelpoista fosforin muotoa kokonaisfosforista on havaintojen mukaan ollut 24–65 %. (Taulukko 14.) Minimiravinteenä (Taulukko 15) on hyvin vaihtelevasti typpi ja fosfori tai molemmat yhdessä, mikä on ominaista reheville järville (Tossavainen ym. 2011, 23).

Taulukko 14. Kalliojärvi–Patojärven lasku-uoman 2010 vedenlaatutulokset (Tossavainen ym. 2011, 18)

Havaintopaikka	Pvm	Näytesyvyys (m)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ (µg/l)	Kok. N (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kok. P (µg/l)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (kyll. %)
Puro 52	13.4.2010	-	360	990	2 400	130	200	4,4	31
	26.4.2010	-	28	220	1 200	22	93	-	-
	11.10.2010	-	3	< 5	1 200	34	110	-	-

Taulukko 15. Kalliojärvi–Patojärven lasku-uoman minimiravinnetarkastelu (Tossavainen ym. 2011, 18)

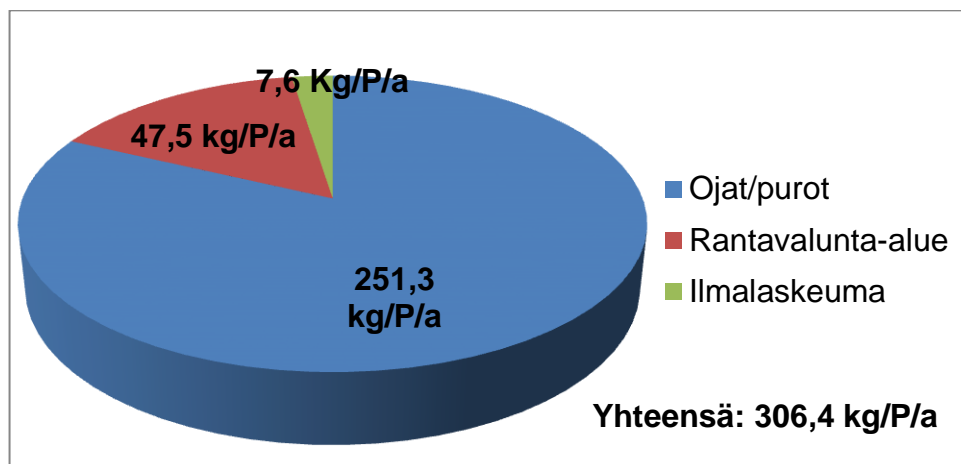
Havaintopaikka	Havaintopäivä	kokonaissyvyys (m)	Kokonaisravinteiden suhde	Mineraaliravinteiden suhde	Ravinteiden tasapainosuhte
Puro 52 Patojärvestä	13.4.2010	0,8	12: minimiravinne on N tai P	10: minimiravinne on N tai P	1,2: minimiravinne on N tai P
	26.4.2010	0,8	13: minimiravinne on N tai P	11: minimiravinne on N tai P	1,1: minimiravinne on N tai P
	11.10.2010	0,8	11: minimiravinne on N tai P	0,2: minimiravinne on N	47,4: minimiravinne on N

5.3.2 Valuma-alueelta tuleva kuormitus

Vuoden 2010 Kalliojärvi–Patojärveen päätyneestä kokonaisfosforikuormituksesta 251,3 kg tuli ojauomista ja 47,5 kg järven rantavaluma-alueelta. Suoran ilmalaskeuman suuruudeksi arvioitiin 7,6 kg. Valuma-alueelta järveen tulee 97,5 % fosforikuormituksesta ja tähän kuormituksen osaan voidaan vaikuttaa erilaisilla toimilla valuma-alueella. (Kuvio 3.)

Kalliojärvi–Patojärvellä selvitettiin vesinäyttein neljän uoman kokonaisfosforikuormitus. Kuormitukseltaan merkittävimmät uomat olivat Pahaoja (105,7

kg/P/a) ja Uitonpuro (129,6 kg/P/a). Nämä uomat ovat myös valuma-alueeltaan suurimmat. Kahden muun uoman kokonaisfosforikuormitus oli havaintovuonna yhteensä vain 16 kg. Keskimääräinen kokonaisfosforin kuorma Kalliojärvi–Patojärven valuma-alueelta oli 27 kg/km²/a. (Taulukko 16.)



Kuvio 3. Kalliojärvi–Patojärven fosforikuormitus 2010

Taulukko 16. Kalliojärvi–Patojärven kokonaisfosforikuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010 (Tossavainen ym. 2011, 20)

Havaintopaikka	Virtaama-painotettu kokonaisfosforin keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaisfosforikuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaisfosforikuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)	Osuus Kalliojärvi–Patojärven kokonaisfosforin vuosi-kuormasta (%)
Oja 215 Kallio-lahteen	52	12,3	73,3	16,8	4,9
Oja 216 Koivuniemeen	51	3,7	22,8	16,2	1,5
Pahaoja 217	151	105,7	217,6	48,6	42,1
Uitonpuro 224	81,7	129,6	493,3	26,3	51,6
Yhteensä		251,3	807	Keskiarvo: 27,0	100,0

5.3.3 Fosforimallit

Vuoden 2010 havaittu kokonaisfosforikuorma ylitti Lappalaisen mallin mukaisen sallitun kuorman noin 160 kg:lla ja Vollenweiderin mallin mukaisen vaarallisen kuorman noin 140 kilolla. Vuoden 2010 havaintojen mukaan tuleva kuormitus oli kaikkiaan noin 306,4 kg/P/a. (Taulukko 17.) Tällä hetkellä Kalliojärvi–Patojärven sisäinen ja ulkoinen kuormitus ovat molemmat korkealla tasolla ja ne yhdessä saavat aikaan järven heikon tilan (5.3.1 Järven veden laatu).

Taulukko 17. Yhteenveto Kalliojärvi–Patojärven fosforimalleista (Tossavainen ym. 2011, 20)

Kalliojärvi– Patojärveen tuleva kokonaisfosforin vuosikuorma	Kokonaisfosforin pidättymiskerroin	Ennustettu eli mal- litarkasteluun pe- rustuva laskennal- linen järven koko- naisfosforin pitoi- suus	Todellinen ha- vaittu kokonais- fosforin pitoisuus vuonna 2010
Malli Lappalainen			
Havaintoihin perustuva 306,4 kg vuosi 2010	18 %	76 µg/l	134 µg/l (= havain- tojen 93 µg/l, 110 µg/l ja 200 µg/l keskiarvo)
Muuttunut kuorma 275,4 kg/a	16,5 %	70 µg/l	
Luonnontilaisen Kallio- järvi–Patojärven kuor- ma 33,3 kg	2,4 %	10 µg/l	-
Eutrofisen Kalliojärven kuorma 145 kg	9,5 %	40 µg/l	-
Malli Vollenweider			
Hyväksyttävä kuorma 78 kg	-	10 µg/l	-
Vaarallinen kuorma 169 kg	-	20 µg/l	-

Lappalaisen fosforimalli soveltuu käytettäväksi järvillä joiden keskisyvyys on vähintään 1 metri. Kalliojärvi–Patojärven keskisyvyys on vain 0,6 metriä, joten se ei täytä mallin soveltuvuusehtoa. (Tossavainen ym. 2011, 22.) Näihin tulok-
siin tulee suhtautua varauksella.

5.3.4 Sedimentti- ja pohjaeläintutkimus

Sedimentti- ja pohjaeläinnäytteitä otettiin avovetiseltä Patojärveltä. Voimakkaammin umpeenkasvaneelta Kalliojärveltä näytteitä ei otettu. Orgaanista aineesta sisältävän sedimentin paksuus vaihteli välillä 3,0–3,85 m. Sedimentin keskipaksuus oli 3,2 metriä. Järven mataluudesta johtuen pintasedimentin redox-arvoa ei voitu mitata. (Liite 6.) Lasku-uomasta otetut vesinäytteet ilmentävät voimakasta sisäistä kuormitusta (Taulukko 14).

Patojärveltä otettiin sedimenttitutkimuksen yhteydessä pohjaeläinnäyte kahdelta havaintopaikalta. Näytteistä ei havaittu ollenkaan pohjaeläimiä. (Liite 6.) Pohjaeliöstön puuttuminen ilmentää pohjasedimentin erittäin huonoa kuntoa.

5.4 Huomiot maankäytöstä

Kalliojärven valuma-alue on maankäytöltään valtaosin peltomaata. Pellot rajoittuvat maastohavaintojen mukaan jokaisen järven rannoilla miltei suoraan vesirajaan, kuten kuvassa 8 Pohjajärven kaakkoispuolella.



Kuva 8. Kapea suojakaista Pohjajärven ja pellon välissä keväällä 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Eroosio alteimpiin paikkoihin kuten rantapelloille ja mäkisiin pellon kohtiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, jos halutaan vähentää kuormitusta. Riittävän leveät jatkuvasti kasvipeitteiset lannoittamattomat suojavyöhykkeet näiden peltojen ja vesistöjen välissä pidättävät tehokkaasti kuormitusta. Ajoittainen suojavyöhykkeen niittäminen ja niitetyn kasvuston keruu pitää maiseman siistinä ja avoimena, sekä vähentää ravinteiden päätymistä järveen. (Ekholm 2012b, 12–22.)

Lannoitus ja muokkaus kannattaa ajoittaa niin lähekkäin, että turhalla lannoitteiden valunnalta järveen vältytään. Sateet voimistavat ravinteiden kulkeutumista järviin ja muihin vesistöihin. Järveen päätyneet lannoitteet kiihdyttävät järven rehevöitymistä ja ovat pois viljelykasvien käytöstä kasvattaen näin lannoituskustannuksia väkilannoitteita käytettäessä. (Ekholm 2012b, 2–11.)

Pelto-ojen perkaus syksyllä ennen syys- ja kevätylivirtaamaa laittaa myös liikkeelle kiintoaineita ja ravinteita. Jos ojen perkuu ei ole peltojen kuivatuksen kannalta välttämätöntä, kannattaa perkuuta välttää. Kasvipeitteinen oja on vähemmän altis eroosiolle ja se myös hieman pidättää kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoumaa kasvaneesta viipymästä johtuen.

6 Kunnostussuunnittelu

Kappaleen 5 mittauksiin pohjautuen on kartoitettu ja suunniteltu alustavasti erilaisia mahdollisuuksia parantaa Kalliojärven vesistöalueen järvien virkistyskäytöllistä tilaa. Tässä kappaleessa kootaan yhteen kaikki toteuttamiskelpoisimmat ratkaisut. Kunnostusmenetelmiksi ovat valikoituneet:

- valuma-alueiden vesiensuojelutekniset rakenteet (kosteikot, pintavalutuskentät, virtaamansäätöpadot, pohjapadot ja laskeutusaltaat),
- Pohjajärven hapetus ja vesikasvien toistuvat niitot vesilintuja suosien Sorsajärvi–Pitkälahdella sekä Kalliojärvi–Patojärvellä.

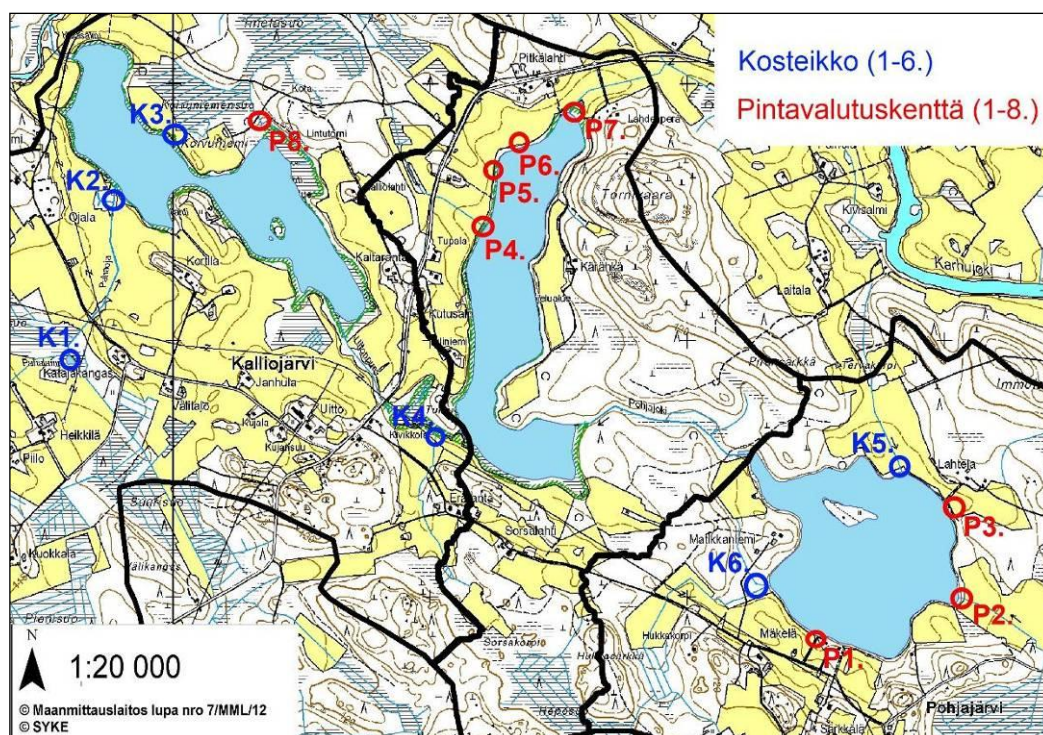
Suunniteltujen toimien tueksi on hyvä miettiä mahdollisuuksia vähentää kuormitusta muuttamalla ja tehostamalla maankäyttöä. Uusien suojakaistojen ja -vyöhykkeiden perustamista valtaojien varsille ja vesistöjen ranta-alueille kannattaa myös harkita.

6.1 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden sijainti

Valuma-alueille esitetyt kunnostuskohteet sijoittuvat aivan järviältäiden välittömään läheisyyteen järviin laskevien ojauomien suualueille (Kuva 9). Syy tälle ratkaisulle on valuma-alueiden kapeus ja valuma-alueen maankäyttömuodot. Suunnitelluilla rakenteilla pyritään mahdollisimman tehokkaasti pidättämään valuma-alueelta järveen matkalla oleva kuormitus.

Tutkimusalueen pellot sijoittuvat pääosin järvien välittömille lähialueille, joilta tuleva ravinne- ja kiintoainekuormitus on todettu tutkimuksissa kauttaaltaan merkittävästi luonnontilaisia valuma-alueita suuremmiksi. Peltujen yläpuolisilla alueilla on pääosin kivennäismetsämaita ja vanhoja jo stabiloituneita ojitettuja suoalueita, joilta tulevan kuormituksen voidaan olettaa vastaavan luonnontilaisia alueita. (Ekholm 2012a, 5.)

Ojien ja purojen alajuoksuille sijoitetut kohteet vähentävät koko valuma-alueelta tulevaa kuormitusta. Näiden alajuoksuille suunniteltujen rakenteiden lisäksi olisi hyvä kartoittaa uomien latvoilta alkaen mahdollisuudet pienentää ylivirtaaman aikaisia huippuvirtaamia erilaisilla laskeutuslaitailla, kosteikoilla ja virtaamansää-
töpadoilla. Samalla olisi hyvä kartoittaa uomien eroosioaltimmat kohdat ja suunnitella eroosiosuojaukset ja pohjapadot hillitsemään eroosiota. Näillä lisätoimilla voidaan lisätä alimpien kosteikkojen ja pintavalutuskenttien toiminnan varmuutta, huoltovapautta ja pidätystehokkuutta ylivirtaamakausina.



Kuva 9. Kalliojärven vesistöalueelle suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet ja niiden sijainti

Järviin laskeviin uomiin on suunniteltu perustettavaksi viisi kappaletta kosteikko- ja (Taulukko 18). Ne joudutaan rakentamaan patoamalla ja osin kaivamalla maaston korkeussuhteista johtuen. Kosteikkokohteella 1 on rannoilta soistunut lampi, joka nykytilassaan toimii kosteikon tavoin pidättäen kuormitusta ja lisäten maisemallista vaihtelua. Lammesta hieman alavirtaan vajaatuottoiseen metsikköön pellon reunaan voidaan toteuttaa patoamalla ja kaivamalla monivaikutteinen vesiensuojelukosteikko. Kohde 6 on maaston muodoiltaan ja maankäytöl-

tään edullisin paikka kosteikolle ja siellä alustavien maastokatselmusten perusteella kosteikko voidaan perustaa pääosin patoamalla (Kuva 9).

Taulukko 18. Kalliojärven vesistöalueen alustavien vesiensuojeluteknisten rakenteiden koordinaatit sekä vesinäytteiden havaintopaikat

Lähimmän havaintopaikan numero	Kohde	Koordinaatit (YKJ)	
		Pohjois	Itä
Ei ole	Kosteikko 1.	7057924	3589605
217	Kosteikko 2.	7058573	3589777
216	Kosteikko 3.	7058807	3589999
222	Kosteikko 4.	7057627	3591022
229	Kosteikko 5.	7057506	3592830
226	Kosteikko 6.	7057044	3592318
225	Pintavalutuskenttä 1.	7056999	3592495
227	Pintavalutuskenttä 2.	7056997	3593066
228	Pintavalutuskenttä 3.	7057342	3593027
223	Pintavalutuskenttä 4.	7058457	3591205
218	Pintavalutuskenttä 5.	7058658	3591244
219	Pintavalutuskenttä 6.	7058774	3591340
220	Pintavalutuskenttä 7.	7058923	3591566
215	Pintavalutuskenttä 8.	7058849	3590351

Pintavalutuskenttiä on alustavan kunnostussuunnittelun aikana kartoitettu rakennettavaksi kahdeksan kappaletta järviin laskevien uomien suualueille (Taulukko 18). Pintavalutuskentän 2 yhteyteen on suunniteltu perustettavaksi myös kosteikkoalue. Pintavalutuskenttä on kosteikkoa edullisempi rakentaa ja sen pidätystehokkuus on vertailukelpoinen kosteikon kanssa. Jos maastonkaltevuus, maaperärakenne ja kasvillisuus ovat sopivat. Liiallinen kiintoainekuormitus heikentää kentän pidätyskykyä, joten pintavalutuskentän yläpuolelle tulee kaivaa riittävän suuri laskeutusallas. Laskeutusallas kentän yläpuolella estää kentän tukkeutumisen ja vähentää näin myös haitallisten oikovirtausten syntymistä. Parhaiten pintavalutuskenttä toimii, jos se on mahdollista perustaa riittävän laajalle 1–2 % kaltevalle, paksuturpeiselle alueelle (Eloranta 2010, 86).

Maastokatselmusten perusteella kohteet 4–8 ja 2 ovat ominaisuuksiltaan kaikkein otollisimmat pintavalutuskenttien perustamiselle. Kohteilla 1 ja 3 on syytä istuttaa sopivia monivuotisia kasveja pintavalutuskenttiä perustettaessa, että päästään tavoiteltuun ravinteiden ja kiintoaineen pidättymiseen kentille.

6.2 Pohjajärven valuma-alue

6.2.1 Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus

Pohjajärven valuma-alueelle järveen laskeviin ojauomiin on suunniteltu perustettavaksi kaksi kosteikkoa ja kolme pintavalutuskenttää (Taulukko 19). Kohteiden toteuttamismahdollisuudet ovat maastokatselmusten perusteella hyvät. Ojien valuma-alueet ovat pienialaisia (3,5–47 ha). Tästä johtuen kosteikoista ja pintavalutuskentistä on mahdollista tehdä pinta-alaltaan suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen riittävän suuria. Kosteikkojen ja pintavalutuskenttien tilan tarve on maltillinen. Pintavalutuskenttien yläpuolelle tulee kaivaa riittävän laaja-alaiset laskeutusaltaat pidättämään kiintoainetta.

Taulukko 19. Pohjajärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kohteen ala (ha)	Valuma-alueen ala (ha)	Pinta-alojen suhde (%)	Luonnehdinta pidätystehokkuudesta
229	Kosteikko 5	0,96	23	4,2	Erinomainen
226	Kosteikko 6	1,04	-	-	-
225	Pintavalutuskenttä 1	0,075	3,5	2,1	Hyvä
227	Pintavalutuskenttä 2.	0,50	47	1,1	Kohtalainen
228	Pintavalutuskenttä 3	0,09	24	0,4	Korkeintaan kohtalainen

Kosteikko 5

Kosteikon perustaminen tälle kohteelle onnistuu patoamisella ja kohtuullisella kaivutyöllä, koska ojannotkon on muodoltaan otollinen. Valuma-alue on pääasiassa peltoa ja lisäksi on myös jonkin verran kivennäismetsämaata. Ojan suulla kosteikon paikalla on tällä hetkellä pajukkoa ja peltoa. Kohde sijaitsee Pohjajärven pohjoisrannalla (Kuva 10).



Kuva 10. Kosteikon 5 sijoittelu (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

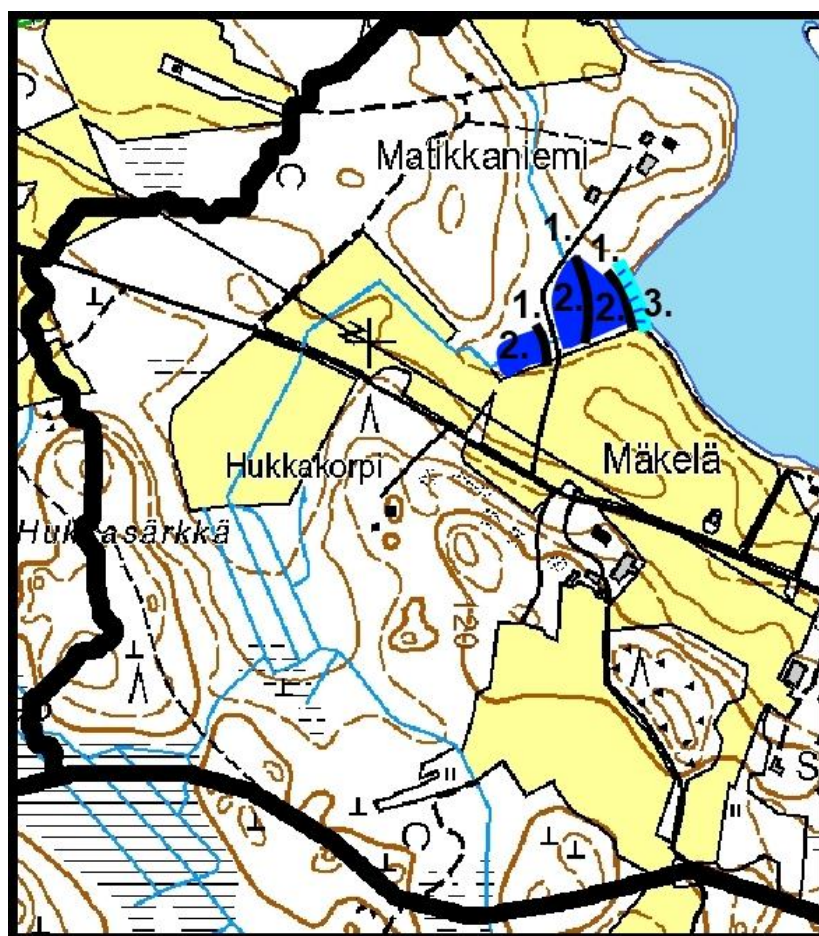
Kosteikon 5 alustava rakenne (Kuva 10):

1. Patovalli kosteikon ja Pohjajärven välissä.
2. Kosteikon vesialue sijoittuu pellon alalaitaan.
3. Oja, jolla kerätään valumavedet laajalta alueelta kosteikkoon.

Valuma-alueen pinta-ala on 23 ha ja suunnitellun kosteikon ala 0,96 ha, jolloin pinta-alojen suhteeksi saadaan 4,2 % (Taulukko 19.). Näin laajan kosteikon pidätystehokkuuden voidaan olettaa olevan erinomainen (Eloranta 2010, 94). Kosteikko on suunniteltu tehtäväksi rantapajukkoon ja osittain pellolle. Kyseinen pelto oli kesantona kenttätutkimusten aikaan syksyllä 2011. Ranta-alue on liian jyrkkä pintavalutuskenttää ajatellen (Eloranta 2010, 86).

Kosteikko 6

Alue on ihanteellinen kosteikon perustamiselle. Ojanotko on jo valmiiksi kostea ja siinä kasvaa puustona pääosin pajukkoa (Kuva 12). Ylempänä on myös jonkin verran kasvatuskoivikkoa. Kosteikko on suunniteltu rakennettavaksi pajukoon. Notkelman muoto on sellainen, että pelkällä patopenkereellä ja pintaamaan kuorinnalla päästään jo melko hyvään lopputulokseen. Kohde sijaitsee Pohjajärven lounaiskulmassa (Kuva 11).

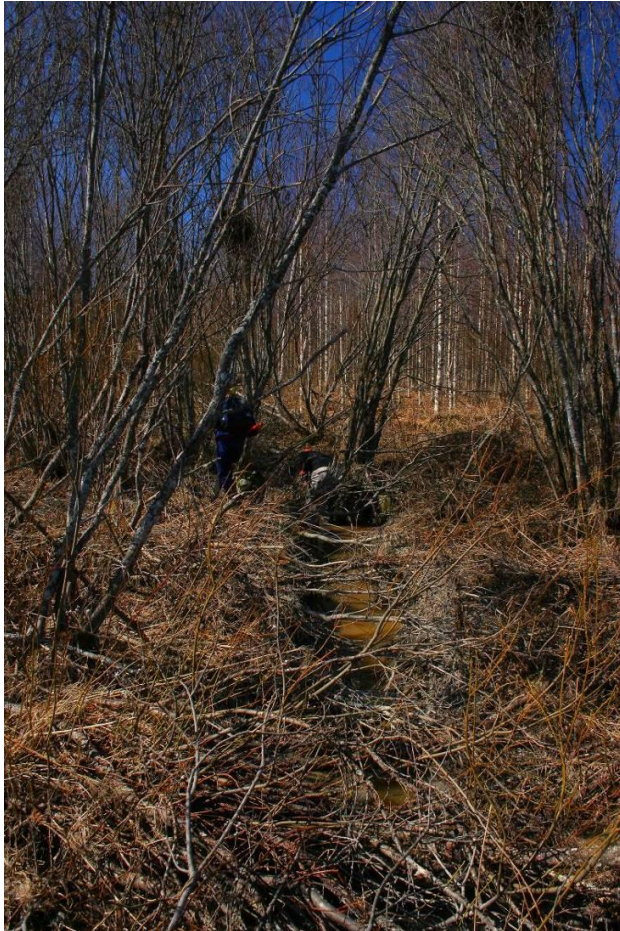


Kuva 11. Kosteikon 6 sijoittelu ja rakenne (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Kosteikon 6 alustava rakenne (Kuva 11):

1. Kosteikkorakenteen patovallit.
2. Portaittain perustettava kosteikko sisältää kolme allasta.
3. Kosteikosta poistuvat vedet ohjataan mahdollisuuksien mukaan pintavalutuksena kohti Pohjajärveä.

Kohteen kaltevuus huomioiden kosteikosta voisi olla hyvä rakentaa kuvan 11 mukainen kolmen altaan ketju, josta poistuvat vedet ohjataan mahdollisuuksien mukaan pintavaluntana Pohjajärveen. Tällöin välttyään rakentamasta massiivista vaurioille altista patoa.



Kuva 12. Vesinäytteenottoa kosteikkokohteella 6 keväällä 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Kosteikon yläpuolinen valuma-alue on noin 60 ha ja suunniteltu kosteikon pinta-ala noin 1,04 ha, joten pinta-alojen suhde on 1,7 %. (Taulukko 19). Kosteikon pidätyskyvyn voidaan siis olettaa olevan hyvä (Eloranta 2010, 94).

Pintavalutuskenttä 1

Kohteen valuma-alue on pienialainen (3,5 ha) ja kokonaisuudessaan peltoa (Kuva 13). Pintavalutuskentän pinta-alaksi on suunniteltu 0,075 ha, jolloin pinta-alojen suhde on 2,1 %. (Taulukko 19.) Vaikka pellon alareunan ja järven välinen etäisyys on varsin lyhyt, voidaan riittävän leveästi kaivetuilla kampaajilla veden

virtausta levittää niin, että saada aikaan pinta-alaltaan riittävän suuri pintavalutuskenttä. Kaltevuutta alueella on sen verran, että pintavalutuskenttä voidaan rakentaa ilman pellon kuivatuksen heikkenemistä. Kentän yläpuolelle tulee kaivaa laskeutusallas, joka estää kiintoainetta tukkimasta kenttää (Kuva 13).



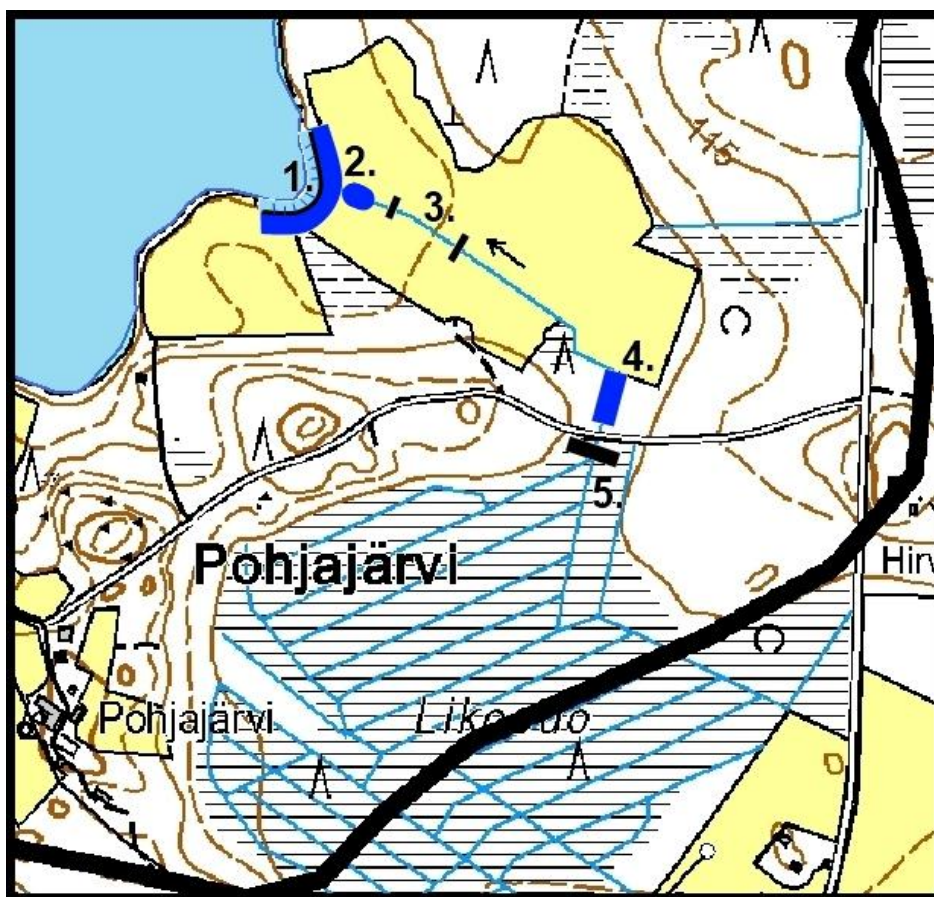
Kuva 13. Pintavalutuskenttä 1 (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Pintavalutuskenttä 2

Kohteen valuma-alueella on peltoa, vanhaa ojitettua suota ja kivennäismetsämaata. Rannan ja pellon välillä on reilu kaistale järveen päin viettävää soista kosteikkoaluetta, joka toimii hyvin pintavalutuskenttänä. Pintavalutuskenttä rakennetaan tukkimalla Likolahdenoja ja ohjaamalla valumavesi kampaajilla riittävän leveälle alalle välttämällä oikovirtauksia. Rakenteesta saadaan tehokkaampi, kun pintavalutuskenttään yhdistetään pienialainen kosteikko ja laskeutusallas pellon alaosaan. (Kuva 14.)

Kaltevan pelto-ojan eroosiota on mahdollista pienentää monipuolistamalla ojan virtaamaaloja kahdesta neljään sopivasti mitoitettulla ja muotoillulla pohjapadolla. Padoilla ei saa heikentää pellon kuivatusta. Pellon yläpuolelle oleva vanha

suo-ojituksen aikainen ja umpeen liettynyt laskeutusallas kannattaa tyhjentää ja laajentaa samalla, kun ojan suulle perustetaan rakennetta. Suo-ojituksen ala-osaan olisi hyvä rakentaa virtaamansäätöpato, joka yhdessä laskeutusaltaan kanssa pienentää ylivirtaama-aikaisia tulvahuippuja. Näillä pellon yläpuolisilla toimilla saadaan vähennettyä eroosiota pellolla ja parannettua ojan suualueen rakenteen tehokkuutta ja vähennettyä huoltotarvetta. (Kuva 14.)



Kuva 14. Pintavalutuskentän, kosteikon, pohjapatojen, laskeutusaltaan ja virtaamansäätöpädon muodostama kokonaisuus (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Pintavalutuskentän 2 alustava rakenne (Kuva 14):

1. Pintavalutuskenttä.
2. Kosteikko ja laskeutusallas.
3. Pohjapadot kaltevalle pellon osalle hillitsemään eroosiota.
4. Olemassa olevan laskeutusaltaan ruoppaus ja laajennus.
5. Virtaamansäätöpato pienentämään tulvahuippuja.

Suunnitellun pintavalutuskentän ala on 0,15 ha, kosteikon ala 0,25 ha ja sen yläpuolisen laskeutusaltaan ala noin 0,1 ha. Valuma-alueen pinta-ala on 47 ha ja ojan suuhun suunnitellun rakenteen yhteispinta ala on noin 0,5 ha, joten rakenteen ja yläpuolisen valuma-alueen pinta-alojen suhde on noin 1,1 % (Taulukko 19). Rakenteen pidätystehokkuus voidaan arvioida kohtalaiseksi (Eloranta 2010, 86). Pellon ja rannan välissä on sen verran kaltevuutta, että patoaminen ei heikennä pellon kuivausta. Näiden rakenteiden lisäksi pellolle olisi hyvä perustaa maatalouden ympäristötuen mukaiset suojakaistat ja -vyöhykkeet.

Pintavalutuskenttä 3

Syyskynnetyn pellon ravinnehuuhtouma todettiin kevätylivirtaaman aikaan otettujen vesinäytteiden perusteella merkittäväksi (Liite 1). Kohteeseen on varsin haastavaa tehdä vesiensuojelutekninen rakenne (Kuva 15).

Rantaan tulisi jättää riittävän leveä vyöhyke käsittelyn ulkopuolelle, mielellään 15–20 metriä, ja ohjata tämän jälkeen vedet kampaajien avulla kasvipeitteisen suojakaistan yli pintavaluntana. Suojakaistalle olisi hyvä istuttaa monivuotista kasvustoa estämään eroosiota ja parantamaan pintavalutuskentän pidätuskykyä. Pellon ja kentänväliin olisi hyvä kaivaa riittävän kokoinen laskeutusallas pidättämään kiintoainetta (Kuva 16). Näin järveen päätyvää ravinnehuuhtoumaa voitaisiin pienentää.

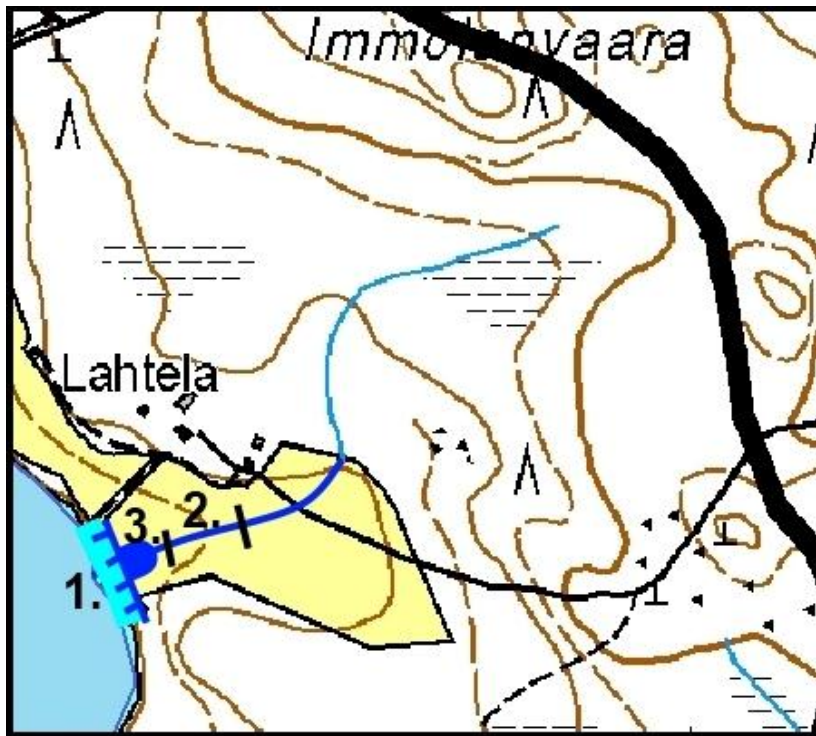
Maapohjasta (Kuva 15) johtuen kentän toimivuudelle on kuitenkin vaikea antaa takeita. Parempi ratkaisu olisi, jos pellolle voitaisiin patoamalla perustaa riittävän laaja-alainen kosteikko. Maanomistajan luopuminen tuottavasta peltoalasta on kuitenkin epävarmaa. Varmuudella toimivan rakenteen tekeminen pelkästään kapealle rantakaistalle on käytännössä mahdotonta.



Kuva 15. Pohjajärven koilliskulman peltoa keväällä 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Keväällä 27.4.2011 näytteenottokierroksella ojasta suoraan Pohjajärveen valui silminnähden erittäin tummaa ja kiintoainepitoista vettä. Tumman ojaveden ja kirkkaamman järviveden raja järvestä oli selkeä, joten ojaveden virtausta järviältä oli helppoa seurata. Tuuli painoi tuolloin ojavettä virtaamaan pitkin Pohjajärven itärantaa kohti etelää. (Kuvat 6 ja 15.)

Kaltevan pellon eroosiota voidaan hillitä rakentamalla ojaan sopivin välein muutamia pohjapatoja (Kuva 16). Pohjapadot tulee mitoittaa ja muotoilla niin, että ne eivät heikennä pellon kuivatusta.



Kuva 16. Pintavalutuskenttä 3 ja pohjapadot (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Pintavalutuskentän 3 alustava rakenne (Kuva 16):

1. Pintavalutuskenttä.
2. Pohjapadot hillitsemään eroosiota pellon kaltevalle osalle.
3. Laskeutusallas pidättämään kiintoainetta.

Valuma-alueen pinta-ala on 24 ha ja pintavalutuskentän ja laskeutusaltaan yhteinen ala 0,09 ha, joten pinta-alojen suhde on 0,4 % (Taulukko 19). Rakenteen pidätyskykyä voidaan luonnehtia korkeintaan tyydyttäväksi (Eloranta 2010, 86). Pellon kaltevuudesta johtuen patoaminen ei heikennä pellon kuivatusta, kunhan se tehdään oikein (Kuvat 15 ja 16).

6.2.2 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus

Rakentamalla kaikki Pohjajärven valuma-alueelle suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet pienenee vuotuinen ojista järveen päätyvää kokonaisfosforikuormitusta silloin arviolta noin 8,7 kg (Taulukko 20). Havaittu vuoden 2011 kokonaisfosforikuormitus, joka sisältää ilmalaskeuman sekä ojista ja rantavaluma-alueelta tulevan kuormituksen, oli 69,4 kg (Kuvio 1). Kaikkien rakenteiden perustamisella tätä kuormaa voidaan arvion mukaan pienentää noin 12,5 %.

Taulukko 20. Vesiensuojelurakenteidenväen vaikutus Pohjajärven kokonaisfosforikuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaisfosforin pidättäminen (%)	Kokonaisfosforikuorma Pohjajärveen 2011 (kg/a)	Muuttunut kokonaisfosforin kuorma (kg/a)
Tervakorvenoja 229	Kosteikko 5	25	5,7	4,3
Hukkalahdenpuro 226	Kosteikko 6	25	8,9	6,7
Mäkelänoja 225	Pintavalutus-kenttä 1	30	0,4	0,3
Likolahdenpuro 227	Pintavalutus-kenttä 2	30	6,2	4,3
Lahtelanpuro 228	Pintavalutus-kenttä 3	30	10,4	7,3
Yhteensä:			31,6	22,9

Pohjajärven fosforimallitarkastelu

Suunniteltujen rakenteiden perustamisen jälkeinen arvioitu kokonaisfosforikuorma Pohjajärveen sisältäen ojista/puroista, rantavaluma-alueelta ja laskeumasta peräisin olevan kuormituksen on noin 60,7 kg/a (Taulukko 9 ja 20). Vuoden 2011 vesinäyttein havaittu kokonaisfosforikuorma oli 69,4 kg/a (Kuvio 1). Nykyinen ja rakenteiden perustamisen jälkeinen kuormitus ovat molemmat sillä tasolla, että Pohjajärvi olisi mesotrofinen eli lievästi rehevöitynyt (Liite 5) ekosysteemi, jos sisäistä kuormitusta ei olisi (Taulukko 9).

6.3 Pitkälähti–Sorsajärven valuma-alue

6.3.1 Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus

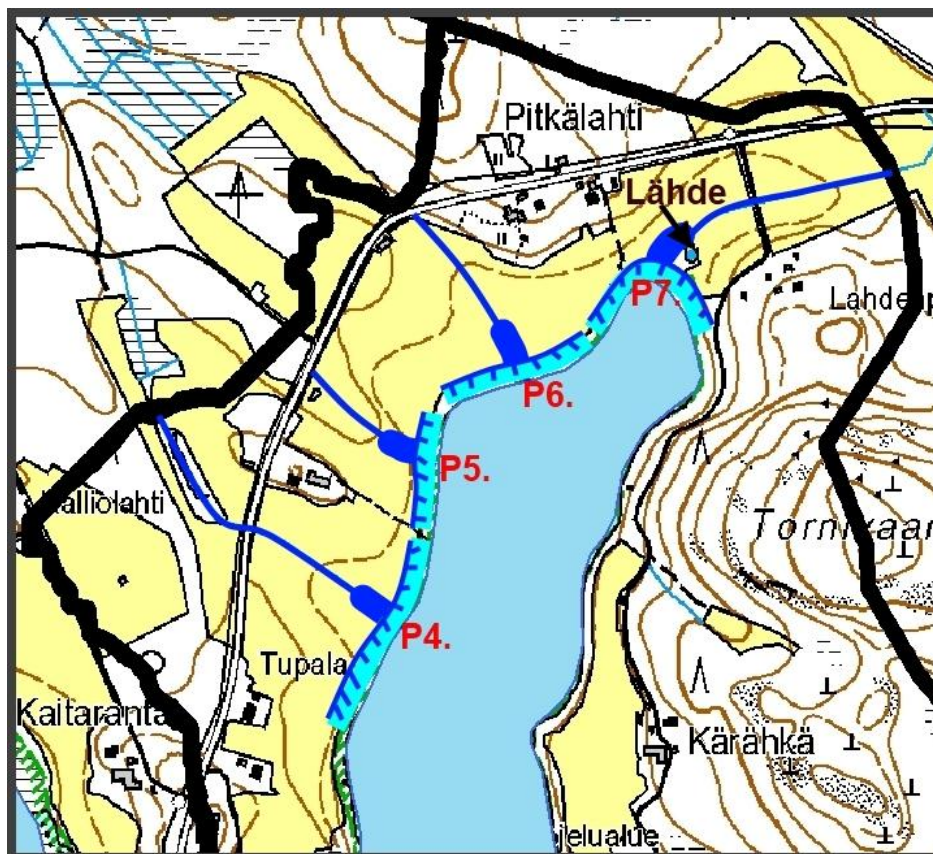
Sorsajärvi–Pitkälähteen laskeviin uomiin on suunniteltu rakennettavaksi neljä pintavalutuskenttää. Uomien valuma-alueet ovat pienialaisia (2,6–16,2 ha), joten kentistä on mahdollista tehdä pinta-alaltaan riittävän suuria. (Taulukko 21.)

Taulukko 21. Sorsajärvi–Pitkälähden valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kohteen ala (ha)	Valuma-alueen ala (ha)	Pinta-alojen suhde (%)	Luonnehdinta pidätyskyvystä
223	Pintavalutuskenttä 4	0,12	15,6	0,8	Kohtalainen
218	Pintavalutuskenttä 5	0,12	2,6	4,6	Erinomainen
219	Pintavalutuskenttä 6	0,12	5,7	2,1	Hyvä
220	Pintavalutuskenttä 7	0,12	16,2	0,7	Kohtalainen

Pintavalutuskentät 4–7

Kaikki neljä kohdetta sijaitsevat Pitkälähden rannalla. Valuma-alueet ovat maankäytöltään pääosin peltoa. Valuma-alueilla sijaitsee myös asuttuja taloja ja kivennäismetsämaata. Pellon ja Pitkälähden välillä on leveä (20 m) soinen, järveen päin viettävä rantakaistale, jolle pintavalutuskentän perustaminen on helppoa. (Kuva 17.) Pintavalutuskentän 7 välittömässä läheisyydessä sijaitsee luonnontilainen lähde, joka on suojeltu metsälain (1093/1996) 10 §:n nojalla (Kuva 17). Lähde tulee ottaa huomioon pintavalutuskenttää ja laskeutusallasta perustettaessa.



Kuva 17. Pintavalutuskentät 4–7 (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Kenttien pidätyskyvyn voidaan olettaa muodostuvan kohtuullisen hyväksi soisen rannan ansiosta. Ojat tukitaan kenttien alueelta ja jaetaan ojen virtaus kampa-ojen avulla tasaisesti mahdollisimman leveälle ranta-alueelle, jotta kentälle saadaan riittävä pinta-ala suhteessa ojan valuma-alueen kokoon (Kuva 17). Kenttien yläpuolelle tulee kaivaa riittävän kokoiset laskeutusaltaat pidättämään kiintoaine kuormitusta ja takaamaan näin pintavalutuskenttien tehokkaan toiminnan. Näillä toimilla ravinteiden ja kiintoaineen pidätyskyky muodostuu kohtalaisen hyväksi. (Eloranta 2010, 86.) Kaikkien kenttien pinta-alaksi on suunniteltu alustavasti vähintään 0,12 ha, jolloin pinta-alojen suhteeksi muodostuu ojan valuma-alueen koosta riippuen 0,7–4,6 % (Taulukko 21). Peltoalueen kaltevuudesta johtuen patoamisen haitat kuivatukselle voidaan estää.

Mietinnässä ollut Pitkälampi–Sorsajärven vedenpinnannosto vie alaa mahdollisilta pintavalutuskentiltä ja heikentää siten niiden pidätyskykyä. Vedenpinnannosto vaatii aina vesilain mukaisen luvan eikä sen saaminen ole varmaa (Ohtonen 2012). Vedenpinnannosto on vesiensuojelun kannalta tarpeeton, koska sillä ei

merkittävästi voida parantaa Sorsajärvi–Pitkälahden vedenlaatua. Pinnannostolla voisi olla kuitenkin vaikutusta vesikasvillisuuteen. Katso kappale: (6.3.2 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus.)

6.3.2 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus

Rakentamalla neljä pintavalutuskentän ja laskeutusaltaan yhdistelmää Pitkälahden laskeviin ojiin saadaan arviolta noin 5,6 kg ojista tulevasta kokonaisfosforikuormituksesta pidätettyä kenttiin (Taulukko 22). Arvio on näiden rakenteiden osalta pikemminkin varovainen kuin optimistinen. Havaittu vuoden 2010 kokonaisfosforikuormitus, joka sisältää ilmalaskeuman sekä ojista ja rantavaluma-alueelta tulevan kuormituksen, oli 109,2 kg (Kuvio 2). Neljän kentän rakentamisella tätä kuormaa voidaan arvion mukaan pienentää noin 5,1 %.

Taulukko 22. Vesiensuojelurakenteideteiden vaikutus Sorsajärvi–Pitkälahden kokonaisfosforikuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaisfosforin pidättyminen (%)	Kokonaisfosforikuorma Sorsajärvi–Pitkälähteen 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaisfosforin kuorma (kg/a)
Oja 223 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 4	30	6,5	4,6
Pelto-oja 218 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 5	30	1,4	1,0
Pelto-oja 219 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 6	30	2,6	1,8
Pelto-oja 220 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 7	30	8,3	5,8
Pohjajoki 221	-	-	50,2	50,2
Yhteensä:			69	63,4

Sorsajärvi–Pitkälahden fosforimallitarkastelu

Seuraavissa kappaleissa selvitetään laskennallisesti fosforimallitarkastelun avulla vesiensuojeluteknisten rakenteiden ja keskiveden korkeuden noston yhteisvaikutus Sorsajärvi–Pitkälahden fosforipitoisuuteen.

Veijo Puustisen laatimassa selvityksessä on suunniteltu keskivedenpintaa nostettavaksi pohjapadolla 24 senttiä. Tällöin Sorsajärvi–Pitkälahden keskisyvyys olisi noin 1,03 m, kun nyt se on noin 0,79 m.

Muuttunut fosforikuorma Sorsajärvi–Pitkälähteen sisältäen ojista/puroista, rantavaluma-alueelta ja laskeumasta peräisin olevan kuormituksen on noin 103,6 kg/a (Taulukot 13 ja 22). Pinnannoston jälkeinen vesitilavuus on noin 341 058 m³, jos ranta-alueita ei huomioida. Järven teoreettinen viipymä on tällöin noin 2,92 kuukautta. Lappalaisen mallin nettosedimentaatiokertoimeksi saadaan tällöin 39 %.

Malliin perustuva ennustettu järven veden kokonaisfosforipitoisuus on tällöin 45 µg/l (Taulukko 13). Tämä pitoisuus vallitsisi järvessä siinä tapauksessa, jos pohja olisi niin hyvässä kunnossa, että sisäistä kuormitusta ei olisi. Laskennallinen pitoisuus ilmentää selkeää eutrofiaa eli rehevyyttä. Voidaan siis olettaa, että pinnannostolla ja vesiensuojeluteknisten rakenteiden perustamisella ei päästä merkittäviin vedenlaadun parannuksiin. Rehevyysluokittelutaulukko löytyy liitteestä 5.

6.4 Kalliojärvi–Patojärven valuma-alue

6.4.1 Vesiensuojelutekniset rakenteet ja mitoitus

Kalliojärvi–Patojärven lähivaluma-alueelle on suunniteltu rakennettavaksi kaksi kosteikkoa ja yksi pintavalutuskenttä (Taulukko 23). Lisäksi Pahaojassa on soistunut lampare, joka nykytilassaan toimii kosteikon tavoin (Kuva 18 ja 19). Tässä luvussa käsitellään myös Uitonpuroon laskevaan ojaan suunnitellun kosteikon perustamisen edellytyksiä ja mitoitusta, sillä kyseinen kohde sijaitsee Kalliojärvi–Patojärven kaukovaluma-alueella (Taulukko 24).

Taulukko 23. Kalliojärvi–Patojärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden arvioidut mitoitukset

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kohteen ala (ha)	Valuma-alueen ala (ha)	Pinta-alojen suhde (%)	Luonnehdinta pidätyskyvystä
-	Kosteikko 1	2,7	134	2	Hyvä
217	Kosteikko 2	2	217,6	0,9	Kohtalainen
216	Kosteikko 3	0,7	22,8	3,1	Erinomainen
215	Pintavalutuskenttä 8	0,5	73,3	0,7	Korkeintaan kohtalainen

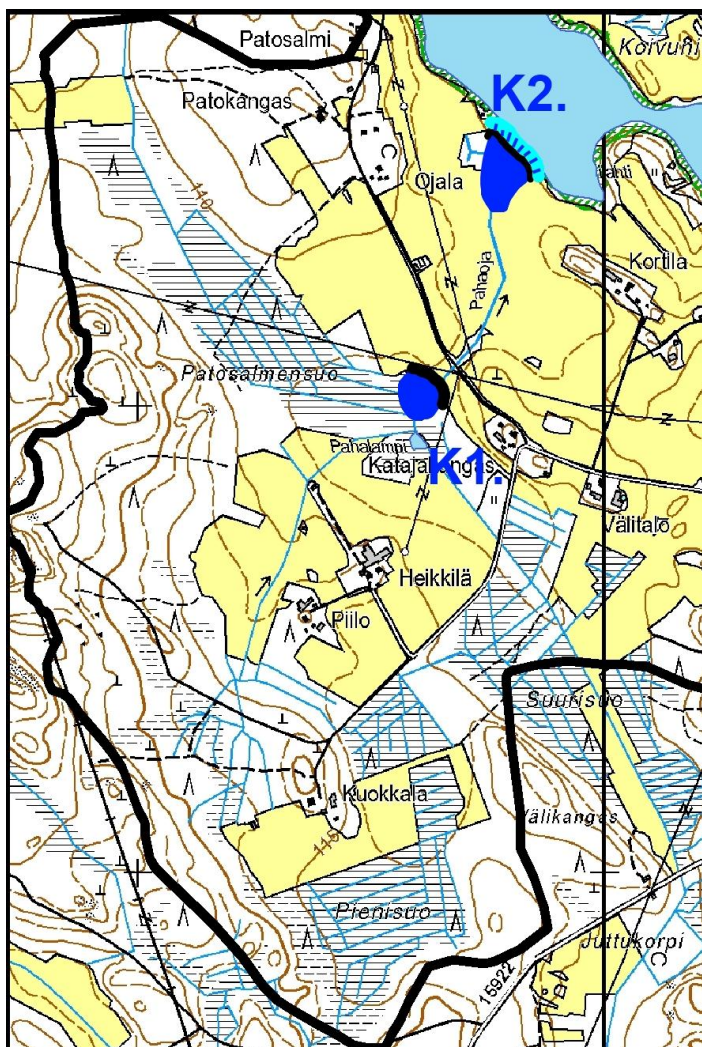
Kosteikko 1

Heikkilän tilan pellon laidassa Pahaojan osana on notkelmassa pieni osittain soistunut lampi (Kuva 18), joka toimii nykytilassaan vesiensuojelukosteikon tavoin. Vesilain (587/2011) 2. luvun 11 §:n perusteella kyseisen lammen luonnon-tilan vaarantaminen on kielletty, joten lammen viipymän pidentäminen ja pidätyskyvyn tehostaminen ruoppaamalla ei tule kysymykseen.



Kuva 18. Pahaojan rannoilta soistunut lampi syksyllä 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Kosteikko 1 on suunniteltu rakennettavaksi Pahaojaan hieman Pahalammesta alavirtaan (Kuva 19). Alueella on kasvaa vajaatuottoinen metsikkö kostealla soisella maapohjalla. Kosteikko perustetaan kuorimalla ravinteikas pintamaa pois ja rakentamalla patovallit. Kohteen valuma-alueen pinta-ala on noin 134 ha, jolloin 2,7 hehtaarin laajuksella kosteikolla saadaan pinta-alojen suhteeksi noin 2 %, mikä takaa kosteikolle hyvän pidätystehokkuuden (Eloranta 2010, 94). Rakentamalla kosteikko 1 parannetaan samalla kosteikon 2 tehokkuutta ja vähennetään alemman kosteikon huoltotarvetta. Pahaojan latvoilta olisi lisäksi hyvä kartoittaa kaikki muutkin mahdollisuudet perustaa vesiensuojeluteknisiä rakenteita, jotta jo suunniteltujen kohteiden toiminnan edellytykset voidaan taata. Samalla tulee kartoittaa uoman eroosioalttiit alueet ja suunnitella eroosiosuojaukset. Ongelmiin on hyvä puuttua jo siellä, mistä ne ovat lähtöisin.



Kuva 19. Pahaoja, Pahalampi sekä kosteikot 1 ja 2 (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Kohteen valuma-alue (134 ha) on pääosin viljelyssä olevaa peltoa ja kivennäismetsämaata. Valuma-alueella on myös jonkin verran ojitettua suota. Pahaoja laskee vetensä kosteikkokokohde 2:n läpi Patojärveen. (Kuva 19.)

Kosteikko 2

Pahaoja on ravinnekuormituksen suhteen nimensä mukaisesti Kalliojärven alueen merkittävin ojauoma, joten ojan suualueelle olisi hyvä perustaa mahdollisimman laaja kosteikko sitomaan ravinteita ja kiintoainetta (Kuva 19). Pahaoja päättyy Patojärven etelärannalle. Mahdollinen kosteikko joudutaan perustamaan kaivamalla, koska ojanotkon muoto on pelkän patoamisen kannalta hankala. Ojan suussa on hoidettua koivikkoa, jonka maanomistaja haluaa säilyttää, joten laajan kosteikon kaivaminen alueelle voi olla hankalaa. Jos alueelle kaivetaan kosteikko, se vie joka tapauksessa alaa pellolta tai kasvatusmetsältä (Kuva 20). Kenttätutkimusten aikaan alueen pelloilla kasvatettiin nurmea.

Koivikossa on maanomistajan itsensä kaivamia pienialaisia altaita, joiden tarkoitus on pidättää järveen päätyvää kuormitusta. Maastokatselmusten aikaan lammikoiden kautta ei virrannut vettä, vaan vesi ohitti ne Pahaojaa pitkin. Jos alueelle lähdetään tarkemmin suunnittelemaan kosteikon toteutusta, olisi hyvä kartoittaa näiden valmiiden altaiden hyödyntämismahdollisuudet.

Koivikon sijaan kosteikko on mahdollista perustaa kaivamalla pellolle koivikon yläpuolelle, mutta siinä vaihtoehdossa menetetään tuottavaa peltoalaa (Kuva 19). Kosteikon perustaminen järven vesialueelle sen sijaan vaatisi vesilain mukaisen luvan, jonka saaminen on epätodennäköistä (Ohtonen 2012). Pintavalutuskentän perustaminen kohteelle ei ole mahdollista ilman, että pellon kuivatus heikkenisi.

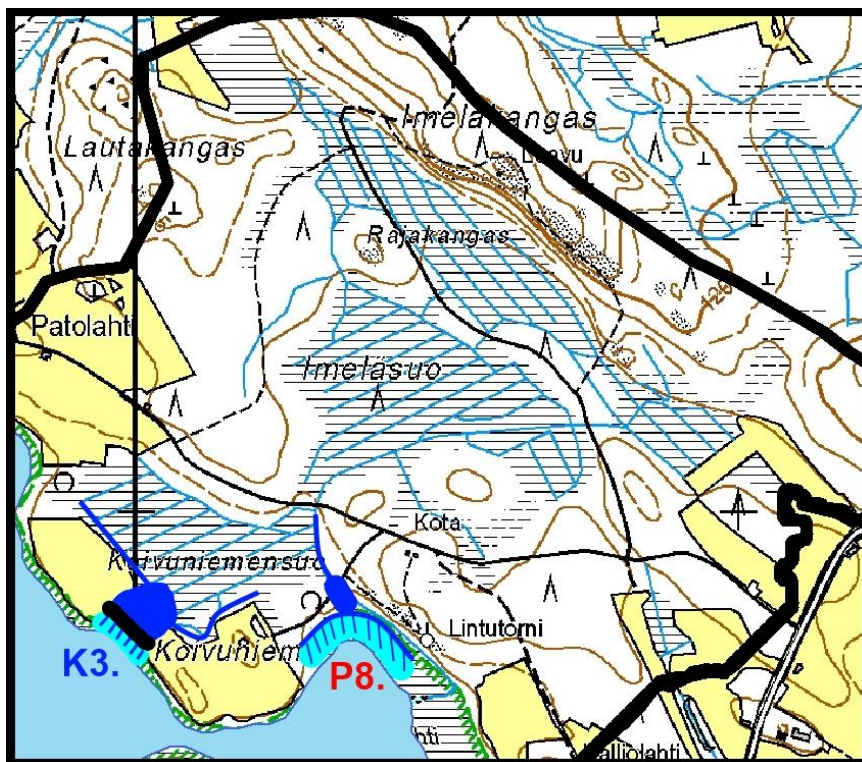


Kuva 20. Pahaojan suiston peltoa ja koivikkoa syksyllä 2011. Kuva: Antti Karhapää.

Kohteen yläpuolisella valuma-alueella on runsaasti viljelysmaata ja jonkin verran kivennäismetsämaata sekä ojitettua suota (Kuva 19). Valuma-alueen pinta-ala (217,6 ha) on suuri. Tästä johtuen kosteikoltakin vaaditaan paljon pinta-alaa ja tilavuutta, että viipymä saadaan riittäväksi (Puustinen ym. 2007, 29–32). Alueen rajoitteet vaikeuttavat riittävän laaja-alaisen kosteikon toteutusta. Pinta-alan tulisi olla vähintään 2 ha mikä on noin 1 % valuma-alueen alasta, mutta mahdollisuuksien mukaan mielellään jopa 5 ha, että päästään hyviin pidätystehokkuuksiin (Taulukko 23).

Kosteikko 3

Kolmannen kosteikkokohteen valuma-alue on pääosin ojitettua suota. Aivan ojan suulla Patojärven rannassa on myös viljelysmaata. (Kuva 21.) Kosteikko joudutaan perustamaan massiivikaivuna ja patoamalla pellon ojanotkoon ja rannan pajukkoon. Pintavalutuskentälle ei olisi riittävästi sopivanlaista tilaa rannan ja pellon välissä, eikä pelkkä laskeutusallas ole teholtaan riittävä kuormituksen pidättäjänä.



Kuva 21. Kosteikko 3:n ja pintavalutuskenttä 8:n sijoittelu (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Kosteikkokokohde 3:n vedet laskevat Patojärveen pohjoisesta. Kohteen valuma-alue on 22,8 ha ja kosteikon suunniteltu ala 0,7 ha, joten pinta-alojen suhde on noin 3,1 % (Taulukko 23). Kosteikon kuormituksen pidätyskyky voidaan olettaa erinomaiseksi (Eloranta 2010, 94).

Pintavalutuskenttä 8

Kohteen valuma-alue on vanhaa ojitettua suota ja kivennäismetsämaata. Kohteen vedet virtaavat Kalliojärven Kalliolahteen voimakkaasti umpeenkasvaneelle lintuvesien suojelualueelle. Ojasta tulevat vedet voidaan ohjata pintavaluntana rantaluhdalle. Maaston kaltevuuden ansiosta metsämaan vettyminen voidaan estää. Kentän yläpuolelle tulee kaivaa riittävän laaja laskeutusallas pidättämään kiintoainekuormitusta. (Kuva 21.)

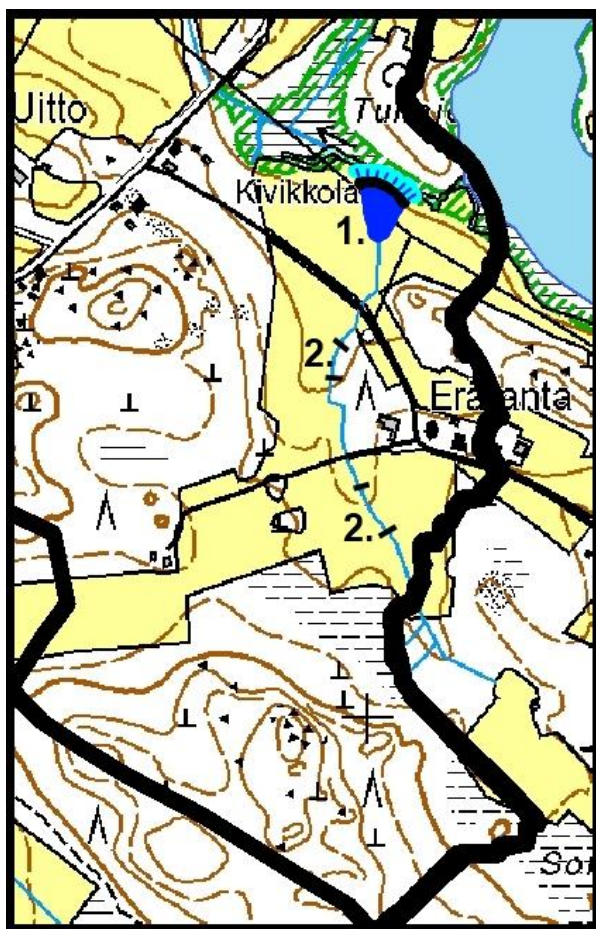
Valuma-alueen pinta-ala on 73,3 ha ja kentän sekä laskeutusaltan yhteinen suunniteltu ala on 0,5 ha, joten pinta-alojen suhde on noin 0,7 % (Taulukko 23). Pidätyskyvyn voidaan tällöin olettaa olevan korkeintaan tyydyttävä (Eloranta 2010, 86). Rakenteesta kannattaa pyrkiä maasto ja maankäyttö huomioiden

tekemään mahdollisimman laaja, jotta pidätystehokkuus saadaan mahdollisimman hyväksi.

Suo-ojituksen ja rakenteen väliin kannattaa maastokatselmuksin yrittää löytää mahdollisuus perustaa virtaamansäätöpato, jolla saadaan pienennettyä ylivirtaaman aikaisia huippuvirtaamia padottamalla vettä hetkellisesti ojitusalueelle (Kuva 21). Hetkellinen padottaminen ei vaaranna metsän kasvua. Näin voidaan tehostaa pintavalutuskentän toimintaa tulvajaksoilla.

Kosteikko 4

Havaintopaikan 222 vedet laskevat Uitonpuroon, joka laskee Kalliojärvi–Patojärveen (Kuva 22). Kosteikon 4 rakentaminen vaikuttaa ensisijaisesti uitonpuron ja Kalliojärvi–Patojärven kuormitukseen. Tästä syystä kohteen tarkastelu on sijoitettu tähän kappaleeseen.



Kuva 22. Kosteikko 4 ja pohjapadot (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE)

Kosteikon 4 alustava rakenne (Kuva 22):

1. Kosteikko patovalleineen yhdistettynä pintavalutukseen.
2. Pohjapadot peltojen kalteviin kohtiin hillitsemään eroosiota ojauomassa.

Kosteikko voidaan maastonmuotojen ansioista perustaa osittain patoamalla ja osittain kaivamalla. Kosteikon perustaminen uitonpuron rantaan vie jonkin verran peltoalaa. Kohteen yläpuolinen valuma-alue on pinta-alaltaan maltillisen kokoinen (40,3 ha), joten kosteikon viipymästä on mahdollista saada verrattain hyvä ravinteiden ja kiintoaineen pidättymisen kannalta (Taulukko 24). Uitonpuro on voimakkaasti perattu uoma.

Taulukko 24. Uitonpuroon laskevaan ojaan suunnitellun kosteikon 4 arvioidut mitoitus

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kohteen ala (ha)	Valuma-alueen ala (ha)	Pinta-alojen suhde (%)	Luonnehdinta pidätyskyvystä
222	Kosteikko 4	0,54	40,3	1,3	Kohtalainen

Riistakeskuksen alustavasti kartoittamat kosteikon paikat

Myös riistaneuvoja Reijo Kotilainen Suomen Riistakeskuksesta on aikaisemmin käynyt tutustumassa Kalliojärven alueeseen. Silloin katselmuksessa oli laitettu merkillä kaksi mahdollista monivaikutteisen kosteikon sijoitusmahdollisuutta Kalliojärvi–Patojärven etelärannalla (Kuva 23). Pahaojan suuhun on alustavasti kaavailtu kosteikkoa sekä tässä tutkimuksessa, että aikaisemmin myös Riistakeskuksen suunnitelmissa. Toinen Kotilaisen havaitsema kosteikon perustamismahdollisuus on jäänyt tämän tutkimuksen omissa maastokatselmuksissa huomioimatta, sillä kyseisellä alueella ei ole uomaa, josta olisi voinut ottaa vesinäytteen.



Kuva 23. Riistakeskuksen alustavasti kartoittamat kosteikon paikat (Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12, SYKE) (Kotilainen 2012)

6.4.2 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus

Rakentamalla kaikki Kalliojärvi–Patojärven valuma-alueelle suunnitellut rakenteet voidaan ojista järveen päätyvää kokonaisfosforikuormitusta pienentää arviolta noin 31,3 kg/a (Taulukko 25). Havaittu vuoden 2010 kokonaisfosforikuormitus, joka sisältää ilmalaskeuman sekä ojista ja rantavaluma-alueelta tulevan kuormituksen, oli 306,4 kg (Kuvio 3). Kaikkien rakenteiden perustamisella tätä kuormaa voidaan arvion mukaan pienentää noin 10,2 %.

Taulukko 25. Vesiensuojelurakenteideneiden vaikutus Kalliojärvi–Patojärven kokonaisfosforikuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaisfosforin pidättyminen (%)	Kokonaisfosforikuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaisfosfori kuorma (kg/a)
Pahaoja 217	Kosteikko 2	25	105,7	79
Oja 216 Koivuniemeen	Kosteikko 3	25	3,7	2,8
Oja 215 Kallio-lahteen	Pintavalutuskenttä 8	30	12,3	8,6
Uitonpuro 224	-	-	129,6	130
Yhteensä:			251,3	220

Uitonpuroon laskevaan ojaan perustettavalla kosteikolla voidaan arvion mukaan vähentää alapuolisiin vesiin päätyvää kokonaisfosforin vuosikuormaa noin 3,2 kg. Arvio on pikemminkin varovainen kuin optimistinen. Ojasta Uitonpuroon vuoden aikana päätyvä kokonaisfosforikuormitus pienenesi noin 25 %.

Taulukko 26. Vesiensuojelurakenteideneiden vaikutus Uitonpuron kokonaisfosforikuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaisfosforin pidättyminen (%)	Kokonaisfosforikuorma Uitonpuroon 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaisfosforin kuorma (kg/a)
Oja 222 Uitonpuroon	Kosteikko 4	25	13	9,8

Kalliojärvi–Patojärven fosforimallitarkastelu

Suunniteltujen rakenteiden perustamisen jälkeinen arvioitu kokonaisfosforikuorma Kalliojärvi–Patojärveen sisältäen ojista/puroista, rantavaluma-alueelta ja laskeumasta peräisin olevan kuormituksen on noin 275 kg/a (Taulukko 17). Vuoden 2010 vesinäyttein havaittu kokonaisfosforikuorma oli 306,4 kg/a (Kuvio 3). Nykyinen ja rakenteiden perustamisen jälkeinen kuormitus ovat molemmat sillä tasolla, että Kalliojärvi–Patojärvi olisi eutrofinen eli rehevöitynyt (Liite 5) ekosysteemi jo ilman sisäisen kuormituksen vaikutustakin (Taulukko 17).

6.5 Kunnostukset järvialtailla

Järvialtailla yleisesti käytettyjä kunnostusmenetelmiä ovat ruoppaus, hapetus, pohjanpöyhintä, ravinteiden saostus kemikaaleilla, vesikasvien niitto ja hoitokalastus (Ulvi & Lakso 2005, 5–6). Tutkimusalueen järvien nykytilan kartoituksessa saatujen tulosten perusteella suositeltaviksi menetelmiksi ovat valikoituneet Pohjajärven hapetus ja vesikasvien niitto vesilintuja suosien Kalliojärvi–Patojärvellä sekä Sorsajärvi–Pitkälähdellä.

6.5.1 Pohjajärvi

Kappaleessa 2.4 (Hapetus) on käyty pääpiirteittäin läpi erilaiset käytössä olevat hapetustekniikat. Pohjajärvellä käyttökelpoisin menetelmä on edellä mainitussa kappaleessa tarkemmin selitetty alusveden hapetus. Pelkkä päällysveden johtaminen alusveteen ei Pohjajärvellä riitä, koska tutkimusten mukaan Pohjajärvi on talviaikaan täysin hapeton pinnasta pohjaan. Pohjajärven suuresta sisäisestä kuormituksesta johtuen hapetus on suositeltavaa toteuttaa niin, että järven kerrosteisuutta ei rikota (Lappalainen & Lakso 2005, 157–158). Näin vähennetään pohjasta vapautuvien ravinteiden kulkeutumista päällysveteen levien käytettäväksi.

Kotimaisen Vesi-Eko Oy:n valmista Visiox-ilmastin on yksi mahdollinen vaihtoehto Pohjajärven tapauksessa. Ilmastin kuljettaa vähähappisen alusveden pintaan ilmastettavaksi ja palauttaa sen takaisin alusveteen ilman, että tuhoetaan järven lämpötilakerrosteisuutta. (Hapetus ja ilmastus.)

Pohjajärvellä ei ole tarvetta laajamittaisille vesikasvien niitoille, sillä sen keskisyvyys on 2,7 metriä. Joten vesikasvustoa kasvaa vain aivan rannan tuntumassa. Matalat rantojen kasvillisuusalueet pidättävät osan järveen tulevasta kuormituksesta kosteikon tavoin.

6.5.2 Sorsajärvi–Pitkälähti

Sorsajärvi–Pitkälähti alkaa nykytilassaan olla lähempänä kosteikkoa kuin järveä. Järven hoito kannattaa suunnitella niin, että vesilintujen elinolot pyritään pitämään mahdollisimman hyvinä. Suositeltavana hoitotoimena tässä tapauksessa ovat säännölliset vesikasvien niitot vesilintuja suosien. Vesilinnut vaativat riittävästi avoveden ja kasvillisuuden reuna-alueita viihtyäkseen hyvin. Liiallinen umpeenkasvu vähentää lintuvesien tuottavuutta (Aitto-Oja ym. 2010, 12).

Sedimenttitutkimuksen (Liite 6) mukaan järven pohjassa on 1,26–4,85 metriä orgaanista hyvin vesipitoista sedimenttiä (vesipitoisuus noin 68–75 %). Lappalaisen fosforimallitarkastelun mukaan (kappale 5.2.3) järveen tuleva fosforikuormitus ylittää eutrofisen (rehevöityneen) Sorsajärvi–Pitkälähdän kuorman noin 32 kg/P/vuosi. Valuma-alueelle suunniteltujen pintavalutuskenttien perustaminenkaan ei laskelmien mukaan riitä vähentämään ulkoista kuormitusta mesotrofisen (lievästi rehevöityneen) järven tasolle (kappale 6.3.2). Näiden tulosten perusteella pohjasedimentin ruoppaaminen ei ole vaihtoehtona kannattava.

Järvelle suunnitellulla keskivedenpinnan nostolla ei saada aikaan merkittäviä veden laadun muutoksia (kappale 6.3.2). Vesikasvillisuuden laajuuteen pinnan nostolla sen sijaan voi olla jonkin asteisia vaikutuksia.

6.5.3 Kalliojärvi–Patojärvi

Kalliojärven ulkoinen ja sisäinen kuormitus ovat tutkimusten mukaan korkealla tasolla (kappale 5.3). Pohjaan on vuosikymmenten saatossa kertynyt useita metrejä orgaanista ja vesipitoista sedimenttiä, joka on käymistilassa (Liite 6). Valuma-alueille alustavasti suunnitelluilla vesiensuojeluteknisillä rakenteilla ulkoista kuormitusta ei saada fosforimallitarkasteluiden mukaan kohtuulliselle tasolle (kappale 5.3.3). Näiden tutkimusten valossa ruoppaaminen ei ole järkevä kunnostustekniikka Kalliojärvi–Patojärvellä.

Kalliojärvi–Patojärvellä on nykytilassaan merkitystä lintuvetenä. Lisäksi järvi toimii kosteikon tavoin pidättäen ravinteita ja vähentäen kuormitusta alapuolisiin vesistöihin. Umppeenkasvu alkaa kuitenkin jo olla uhka vesilintujen viihtyvyydel-

le. Järven hoidossa tulisi pyrkiä takaamaan vesilintujen hyvät elinolot. Niinpä säännölliset vesikasvien niitot umpeenkasvun ehkäisemiseksi ovat tarpeen.

6.6 Pohjajärven vesiensuojeluteknisten rakenteiden perustamiskustannukset

Rakenteiden kustannusten arvioinnin pohjana on Riistakeskuksen riistanhoidon neuvojan Reijo Kotilaisen henkilökohtainen tiedonanto. Rakenteiden kustannusarviot ovat vasta suuntaa antavia ja ne tarkentuvat kohteiden tarkemmassa rakennesuunnittelussa. Tarkempi rakennesuunnittelu on ajankohtainen sitten, kun kohteita päätetään lähteä perustamaan.

Kustannusarviot on laskettu vain Pohjajärven alueelle suunnitelluille kunnostustoimille niiden suuntaa antavasta luonteesta johtuen. Tämän lisäksi Pohjajärven kuntoa ja virkistyskäyttömahdollisuuksia on mahdollista merkittävästi kohentaa suunnitelluin kunnostustoimin. Kalliojärvi–Patojärven ja Sorsajärvi–Pitkälahden kohdalla tilanne on paljon synkempi.

Valtioneuvoston asetuksella ei-tuotannollisten investointien tuesta vuosina 2008—2013 (185/2008) säädetään mahdollisuudesta hakea tukea monivaikutteisten kosteikkojen perustamiseen ja hoitoon. Viljelijä tai rekisteröity yhdistys voi hakea kosteikkojen perustamista varten ei-tuotannollisten investointien tukea, kun kosteikon yläpuolisesta valuma-alueesta peltoa on vähintään 20 %. Suunnitellun kosteikon tulee olla pinta-alaltaan vähintään 0,5 % yläpuolisesta valuma-alueesta. Edellä mainitut ehdot täyttävän kosteikon perustamiseen voidaan myöntää tukea enintään 11 500 €/ha. Kosteikon hoidon tuki on suuruudeltaan 450 €/ha/a. (Ei-tuotannollisten investointien tuki 2012.)

Kosteikon 5 perustamiskustannuksiksi on alustavasti arvioitu noin 9 700 € + alv. Suurin menoerä ovat kaivukustannukset. Maamassojen kaivutarpeeksi on alustavasti arvioitu noin 5 800 m³. Kosteikon perustamispaikan maapohjan laadusta ja kaivumassojen läjitysmahdollisuuksista johtuen konetyön tehokkuudeksi on arvioitu noin 58 m³/h. (Taulukko 27.)

Taulukko 27. Kosteikon 5 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Suorite	Yksikkö	Yksikköhinta (€)	Yhteensä (€)
Suunnittelu, htp	3	350	1 050
Rakennusaikainen valvonta, htp	2	350	700
Puuston raivaus miestyönä, h	6	38	228
Raivausjätteen kasaus käsityönä, h	6	28	168
Raivausjätteen ajo koneella, h	2	60	120
Kaivinkoneen siirto	1	200	200
Kaivinkonetyö (5 800 m ³), h	100	65	6 500
Suodatinkangas, m	70	3	210
Verhoilukivet, m ³	25	15	375
Tyhjennysputket 200 mm x 8 m, kpl	3	50	150
Perustaminen yhteensä:			9 701 (Alv 0 %)

Kosteikon 6 perustamiskustannuksiksi on alustavasti arvioitu noin 11 700 € + alv. Suurin menoerä ovat kaivukustannukset. Maamassojen kaivutarpeeksi on alustavasti arvioitu noin 4500 m³. Kaivumassojen läjitysmahdollisuuksista ja maapohjan laadusta johtuen konetyön tehokkuudeksi on arvioitu noin 50 m³/h. (Taulukko 28.)

Taulukko 28. Kosteikon 6 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Suorite	Yksikkö	Yksikköhinta (€)	Yhteensä (€)
Suunnittelu, htp	3	350	1 050
Rakennusaikainen valvonta, htp	2	350	700
Puuston raivaus miestyönä, h	40	38	1 520
Raivausjätteen kasaus käsityönä, h	40	28	1 120
Raivausjätteen ajo koneella, h	4	60	240
Kaivinkoneen siirto	1	200	200
Kaivinkonetyö (4 500 m ³), h	90	65	5 850
Suodatinkangas, m	90	3	270
Verhoilukivet, m ³	30	15	450
Tyhjennysputket 200 mm x 8 m	6	50	300
Perustaminen yhteensä:			11 700 (Alv 0 %)

Pintavalutuskentän 1 perustaminen maksaa arvion mukaan vuoden 2012 kustannustasolla noin 745 € + alv (Taulukko 29). Rakenteen perustaminen toisen rakenteen kanssa samalla kertaa tulee edullisemmaksi, koska tällöin koneen siirrosta ei tule kahta erillistä kuluerää.

Taulukko 29. Pintavalutuskentän 1 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Suorite	Yksikköä	Yksikköhinta (€)	Yhteensä (€)
Suunnittelu ja valvonta, htp	1	350	350
Kaivinkoneen siirto	1	200	200
Kaivinkonetyö, h	3	65	195
Perustaminen yhteensä:			745 (Alv 0 %)

Alustavan arvion mukaan pintavalutuskenttä 2:n perustaminen maksaa vuoden 2012 kustannustasolla noin 8 200 € + alv (Taulukko 30). Kohteelle on suunniteltu yhdistelmä erilaisia rakenteita, joiden on tarkoitus kokonaisuutena toimien vähentää Pohjajärveen päätyvää kuormitusta mahdollisimman tehokkaasti. Maamassojen kaivutarpeeksi on alustavasti arvioitu noin 3 000 m³. Kaivumassojen läjitysmahdollisuuksista ja maapohjan laadusta johtuen konetyön tehokkuudeksi on arvioitu noin 50 m³/h.

Taulukko 30. Pintavalutuskentän 2 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Suorite	Yksikköä	Yksikköhinta (€)	Yhteensä (€)
Suunnittelu, htp	3	350	1 050
Rakennusaikainen valvonta, htp	2	350	700
Puuston raivaus miestyönä, h	20	38	760
Raivausjätteen kasaus käsityönä, h	20	28	560
Raivausjätteen ajo koneella, h	3	60	180
Kaivinkoneen siirto	1	200	200
Kaivinkonetyö (3 000 m ³), h	60	65	3 900
Suodatinkangas, m	70	3	210
Verhoilukivet, m ³	25	15	375
Tyhjennysputket 200 mm x 8 m	5	50	250
Perustaminen yhteensä:			8 185 (Alv 0 %)

Pintavalutuskentän 3 perustamisen on arvioitu maksavan vuoden 2012 kustannustasolla noin 1 000 € + alv (Taulukko 31). Rakenteen perustaminen useamman rakenteen kanssa samalla kertaa tulee edullisemmaksi, koska tällöin koneen siirrosta ei tule useampaa erillistä kuluerää.

Taulukko 31. Pintavalutuskentän 3 perustamiskustannukset vuoden 2012 kustannustasolla

Suorite	Yksikköä	Yksikköhinta (€)	Yhteensä (€)
Suunnittelu ja valvonta, htp	1	350	350
Seulanperäkivet, m ³	5	15	75
Kaivinkoneen siirto	1	200	200
Kaivinkonetyö, h	6	65	390
Perustaminen yhteensä:			1 015 (Alv 0 %)

Yhteensä Pohjajärven valuma-alueelle suunniteltujen kosteikkojen ja pintavalutuskenttien toteuttaminen tulisi alustavien laskelmien mukaan maksamaan vuoden 2012 kustannustasolla noin 31 300 € + alv. Jos useampia rakenteita perustetaan samanaikaisesti, ovat kustannukset jonkin verran pienemmät. Tällöin esimerkiksi säästetään koneen siirrosta johtuvista kustannuksista.

7 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset

Tässä kappaleessa annetaan tarkemmat suositukset jatkotutkimusten tarpeesta ja toteutettavista kunnostustoimista järvillä ja niiden valuma-alueilla. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen virhemahdollisuuksia.

7.1 Suositukset jatkotutkimuksiksi

Pohjajärven ilmastutarpeen laajuuden tarkempaa arviointia varten olisi hyvä selvittää järven happipitoisuus kesäkerrosteisuuden lopussa. Voimakas sisäinen kuormitus, pohjasedimentin kunto ja Pohjajärven syvyys-suhteet antavat syyn olettaa, että ainakin syvännä olisi myös kesäaikaan vähähappinen. Tästä pitäisi kuitenkin saada varmuus mittauksin. Talviaikaan Pohjajärvi on tutkimusten mukaan pinnasta pohjaan hapeton, joten ilmasto talvella saa aikaan välittömästi havaittavia muutoksia vedenlaadussa.

Ojauomien latvoilta olisi hyvä maastokatselmuksin etsiä lisää mahdollisuuksia tulva-aikaisten virtaamahuippujen pienentämiseksi virtaamansäätöpatojen, laskeutusaltaiden ja kosteikkojen avulla. Tulvahuippuja leikkaamalla voidaan taata ojien suualueille perustettujen rakenteiden toimivuus ylivirtaama-aikoina, vähentää eroosiohaittoja pelloilla, sekä parantaa kosteikkojen ja pintavalutus kenttien huoltovapautta.

Eroosio Kalliojärven valuma-alueella on vesinäytteissä havaittujen kiintoainepitoisuuksien perusteella ainakin ajoittain suurta (Liitteet 1 ja 2). Jatkossa olisi hyvä selvittää tarkemmin maastokatselmuksin myös ojauomien eroosioalteimat kohdat, jotta voidaan suunnitella ja toteuttaa toimia eroosion hillitsemiseksi. Eroosion haittoja voidaan kaltevilla ojaosuuksilla hillitä uomaan porrastaen pohjapadoilla, sekä suojaamalla eroosion syömiä ojanpenkkoja esimerkiksi kivillä tai puuaineksella. Sopivasti mitoitetut pohjapadot eivät kaltevilla peltoalueilla heikennä peltojen kuivatusta.

Pahaoja on nimensä veroinen alempien vesistöjenkuormittajana vesinäytteiden perusteella (kappale 5.3.2). Korkeasta kiintoainekuormituksesta johtuen pelkkä ojan suulle perustettu suuri kosteikko menettäisi nopeasti liettymisen seurauksena ravinteiden pidätyskykyään ja siitä tulisikin usein poistaa lietettä hyvän toimivuuden takaamiseksi. Parempaan tulokseen päästään rakentamalla useampien pienempien altain ja rakenteiden ketju koko uoman alueelle sopiviin maastonkohtiin. Pahaoja tulisikin kartoittaa tarkemmin vesiensuojelurakenteiden toteuttamismahdollisuuksien osalta. Tässä tutkimuksessa Pahaojan varresta on kartoitettu kaksi kosteikon paikkaa. Tämän ojan kuormituksen pienentäminen ei juurikaan tule näkymään Kalliojärvi–Patojärven tilassa. Sen sijaan todennäköisesti vaikutuksia havaittaisiin alapuolisissa vesistöissä, kuten Karhujoessa.

7.2 Suositukset järvikunnostuksiksi

Järvialtainen nykytila huomioiden suosittelun keskittämään ihmisten virkistyskäytön parantamiseen tähtäävät toimet Pohjajärvelle. Pohjajärven on tutkimuksissa havaittu olevan voimakkaasti sisäkuormitteinen ja sen pohja on pahasti liettynyt. Ulkoinen kuormitus on kuitenkin varsin maltillisella tasolla (kappale 5.1). Kylän omalle uimarannalle Pitkälähtea parempi sijoituspaikka löytyy vedenlaadun perusteella Pohjajärven rannoilta.

Pohjajärven vedenlaatua pystytään parantamaan pumppaamalla ilmaa syvänteeseen ilmastimella. Sisäinen kuormitus pysähtyy heti, kun pohjan happipitoisuus alkaa kohota. Pohjajärvellä umpeenkasvu ei ole ongelma suuresta keskisyvyydestä (2,7 m) johtuen joten tarvetta laajamittaiselle vesikasvien niitolle ei ole.

Kalliojärvi–Patojärvi ja Pitkälähti–Sorsajärvi ovat tällä hetkellä erittäin voimakkaasti rehevöityneitä ja umpeenkasvaneita. Niiden palauttaminen lähelle alkuperäistä tilaansa on mahdotonta kohtuullisilla kustannuksilla. Matalat ja rehevät järvet palvelevat hyvin vesilintujen lisääntymis- ja levähdysalueina.

Liiallinen umpeenkasvu muodostuu myös vesilintujen viihtyvyyttä ja kannankasvua rajoittavaksi tekijäksi. Niinpä suosittelun näille järville hoitotoimia, jotka pa-

rantavat vesilintujen viihtyvyyttä alueella. Vesilinnut tarvitsevat riittävästi avoveden ja vesikasvuston reunavyöhykkeitä viihtyäksään kunnolla. Täysin umpeenkasvanut järvi ei ole vesilintujen mieleen.

Näillä järvillä olisi suositeltavaa toteuttaa säännöllisesti vesikasvien niittoa niin, että vesilinnuille suotuisat olosuhteet voitaisiin säilyttää. Niitot olisi hyvä suorittaa niin, että suoria linjoja vältellään ja maisemasta tehdään mahdollisimman monimuotoinen. Monimuotoisuus on etu linnuille ja ilo ihmissilmälle.

7.3 Suositukset valuma-aluekunnostuksiksi

Suosittelen toteuttamaan Pohjajärven valuma-alueelle kaavaillut vesiensuojelutekniset rakenteet mahdollisimman laajamittaisesti. Yhdessä ilmastuksen kanssa järven virkistyskäyttö voidaan turvata. Samalla alapuolisiin järviin päätyvä kuormitus pienenee.

Sorsajärvi–Pitkälahden ja Kalliojärvi–Patojärven valuma-alueille suunnitelluilla rakenteilla ei laskelmien mukaan ole vaikutusta kyseisten järvien veden laadulle. Alapuolisille vesistöille, kuten Karhujoelle ja sitä kautta Pieliselle, niillä voi olla veden laadullista merkitystä. Joten suosittelen punnitsemaan näiden kohteiden rakentamisen tarvetta laajemmassa perspektiivissä. Ennen rakentamista voi olla hyvä selvittää tarkemmin kohteiden rakentamisen vaikutusta Patojärven alapuolisiin vesistöihin.

7.4 Virhearviointi

Vuotuista järviin tulevaa kuormitusta on tutkimuksessa arvioitu keväällä ja syksyllä otettujen vesinäytteiden ja virtaamamittausten perusteella. Tulevan kuormituksen suuruus on täten kahteen mittauskertaan perustuva laskennallinen arvio. Absoluuttinen kuormitus voidaan määrittää vain jatkuvatoimisella mittarilla mitaten, mutta sen käyttö ei ole perusteltua suurien kustannusten takia. Laskennallinen kahteen mittauskertaan perustuva kuormitus on tarkkuudeltaan riittävä sille, että valuma-alueen pahimmat ongelmapaikat saadaan kartoitettua.

Kalliojärvelle suunniteltujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden pidätyskykyarviot perustuvat aiemmin valmistuneiden rakenteiden seurantatuloksiin. Esimerkiksi kosteikon todellinen pidätyskyky selviää vasta muutaman vuoden päästä perustamisesta, sillä vesikasvien kunnollinen leviäminen kosteikon matalille osille vie aikaa. Vesikasvusto tehostaa merkittävästi ravinteiden pidättymistä kosteikkoon. Jokainen rakenne on aina omansalainen ja aikaisempien tutkimusten pohjalta ei voida tehdä tarkkoja arvioita pidätyskyvystä. Aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan antaa suosituksia vesiensuojelurakenteiden koosta ja tarkemmasta rakenteesta, että päästään tavoiteltuihin pidätystehokkuuksiin.

Oppilastyönä määritetyissä osavaluma-alueiden pinta-aloissa on työn loppuvaiheessa havaittu olevan jonkin verran virheitä. Virheet eivät vaikuta työn lopputulemaan, mutta osavaluma- ja rantavaluma-alueilta tutkimusvuosina järviin päätyneen kuormituksen arvioihin niillä on pientä vaikutusta.

Lähteet

- Aitto-Oja, S., Rautiainen, M., Alhainen, M., Svensberg, M., Väänänen, V.-M., Nummi, P. & Nurmi, J. 2010. Riistakosteikko-opas. Metsästäjäin keskusjärjestö.
http://www.riista.fi/data/attachments/Kosteikko_opas_netti.pdf.
 4.12.2012.
- Asetus ei-tuotannollisten investointien tuesta vuosina 2008—2013 185/2008. Ei-tuotannollisten investointien tuki. 2012.
http://www.mavi.fi/fi/index/viljelijatuuet/maataloudenymparistotuki/eit_uotannollisteninvestointientuki.html. 3.1.2013.
- Ekholm, P. 2012a. Hajakuormitus ja sen vesistövaikutukset osa 4. Eri maatalouden tuotantosuuntien kuormitus. SYKE.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=116688&lan=fi>.
 19.12.2012.
- Ekholm, P. 2012b. Hajakuormitus ja sen vesistövaikutukset osa 6. Maatalouden kuormituksen vähentäminen. SYKE.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=116833&lan=fi>.
 4.1.2013.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Helsinki: Kalatalouden keskusliitto, 80–96.
- Hapetus ja ilmastus. Vesi-Eko Oy. <http://www.vesieko.fi/fi/palvelut/hapetus-ja-ilmastus>. 5.12.2012.
- Kankaanhuhta, V., Lipponen, K. & Väkevä, J. 2010. Majava.
http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/castsp-n.htm.
 4.1.2013.
- Kauljärven kosteikko. 2012. Suomen riistakeskus.
http://www.riista.fi/index.php?group=00000436&mag_nr=12.
 4.1.2013.
- Kontkanen, H. 2009. Pohjois-Karjalan lintuvedet – linnuston tila ja kunnostustarve lintuvesiensuojeluohjelman kohteilla. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Kotilainen, R. 2012. Riistanhoidonneuvoja. Suomen riistakeskus. Henkilökohdainen tiedonanto. 19.12.2012.
- Kunnostusmenetelmät. 2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=3411&lan=fi>. 2.1.2013.
- Lappalainen, M. & Lakso, E. 2005. Järven hapetus. Teoksessa Ulvi, T. & Lakso, M. (toim.) Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita, 151–168.
- Maatalouden monivaikutteiset kosteikot. 2010.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=365711&lan=FI>.
 4.12.2012.
- Marketta, T. 2010. Testausseloste. Suomen ympäristökeskuksen laboratorio. Metsälaki 1093/1996.
- Ohtonen, A. 2012. Biologi. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Kirjallinen tiedonanto. 11.12.2012.
- Pietiläinen, O.-P. & Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=84846&lan=FI>.
 19.12.2012.

- Pintavalutuskenttä - puhdistustulokseen vaikuttavat tekijät. 2011.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=389730&lan=FI>.
 5.12.2012.
- Pintavalutuskenttä - suunnittelussa huomioitavia asioita. 2011.
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=389728&lan=en&lan=fi>. 5.12.2012.
- Puustinen, M., Koskiahho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. & Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Suomen ympäristökeskus. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Tossavainen, T. 2009. AY6201 Limnologia luentorunko.
- Tossavainen, T. 2011. Valtimon kunnassa sijaitsevan Kalliojärven alueen järvi- en (Pohjajärvi, Pitkälahti–Sorsajärvi ja Kalliojärvi–Patojärvi) pohjasedimentin laatu ja määrä kevättalvella 2011.
- Tossavainen, T. 2012. Valtimon Kalliojärven vesistöalueen latvajärven Pohjajärven kuormitus ja fosforimallitarkastelu.
- Tossavainen, T., Kautonen, T., Korhonen, K., Korhonen, T., Koskela, L., Limati- us, M., Miettinen, K., Nevalainen, A., Piironen, J., Rätty, K., Tiainen, A. & Väisänen, V. 2011. Valtimon kunnassa Ylä-Karjalassa sijaitse- van Kalliojärven vesistöalueen järvi- altain vedenlaatu ja fosfori- kuormitus vuonna 2010 sekä fosforimallitarkastelu kunnostussuun- nittelun lähtökohdaksi. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Joen- suu: Kopijyvä Oy.
- Ulvi, T. & Lakso, M. 2005. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Hel- sinki: Edita.
- Valuma-alue. 2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=9583&lan=fi>.
 2.1.2013.
- Vesilaki 587/2011.
- Viinikkala, J., Mykkänen, E. & Ulvi, T. 2005. Ruoppaus. Teoksessa Ulvi, T. & Lakso, M. (toim.) Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita, 211–226.
- Wetzel, R. 1983. Limnology. United States of America: Saunders College Pub- lishing.
- Yhteenveto useasta näytteestä. 2010. Suomen ympäristökeskuksen laboratorio. Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta. Pohjois-Karjalan ELY-keskus. Poimi- nut Käki, T. 11.10.2012.

Järviin laskevien uomien vedenlaatutulokset

Pohjajärveen laskevien uomien vesinäytetulokset (Tossavainen 2012)

Havaintopaikka ja aika	Vir- taama, Q (l/s)	kok. N (µg/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	kok. P (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kiintoaine (mg/l)
27.4.2011							
Mäkelänoja 225	1,7	5 100	4 500	<2	42	20	20
Hukkalahdenpuro 226	46,5	1 200	470	19	120	31	190
Likolahdenpuro 227	16,9	1 100	320	<2	40	8	6,8
Lahtelanpuro 228	12,1	660	190	8	140	33	230
Tervakorvenoja 229	10,9	1 600	780	18	73	27	5,9
25.10.2011							
Mäkelänoja 225	0,2	3 400	-	-	14	10	2,3
Hukkalahdenpuro 226	2,1	930	-	-	44	18	5,1
Likolahdenpuro 227	2,1	1 300	-	-	50	16	21
Lahtelanpuro 228	0,6	510	-	-	37	12	1,8
Tervakorvenoja 229	2,2	1 900	-	-	95	45	2,5

Pohjajärveen laskevien uomien virtaamat, valumat, havaintopaikkojen koordinaatit ja yläpuolisten valuma-alueiden pinta-alat (Tossavainen 2012)

			27.4.2011		25.10.2011	
Havaintopaikka	Koordinaatit (YKJ) (Garmin GPS 60CSx)	Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala, A (km ²)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)
Mäkelänoja 225	I = 3592495, P = 7056835	0,035	1,7	48,6	0,2	5,7
Hukkalahdenpuro 226	I = 3592306, P = 7057049	0,236	46,5	197,0	2,1	8,9
Likolahdenpuro 227	I = 3593065, P = 7056999	0,47	16,9	36,0	2,1	4,5
Lahtelanpuro 228	I = 3593036, P = 7057326	0,24	12,1	50,4	0,6	2,5
Tervakorvenoja 229	I = 3592822, P = 7057521	0,23	10,9	47,4	2,2	9,6
Yhteensä:		1,211	88,1	Keskiarvo: 75,9	7,2	Keskiarvo: 6,2

Sorsajärvi–Pitkälahaan laskevien uomien vesinäytetulokset (Marketta 2010 ja Yhteenvedo useasta näytteestä. 2010)

Havaintopaikka ja aika	Q (l/s)	kok. N (µg/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	kok. P (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kiintoaine (mg/l)
26.4.2010							
Pelto-oja 218 Pitkälahaan	0,4	1 100	150	< 2	170	42	70
Pelto-oja 219 Pitkälahaan	4,8	1 500	180	52	140	53	77
Pelto-oja 220 Pitkälahaan	5,3	1 600	700	210	160	66	210
Pohjajoki 221	107,34 *	940	200	7	55	10	3,7
Oja 223 Pitkälahaan	0,8	1 000	240	6	130	36	140
11.10.2010							
Pohjajoki 221	1,407	640	38	7	45	14	3,7

(*Laskettu mitattujen virtaamien keskivalunnasta.)

Sorsajärvi–Pitkälahaan laskevien uomien virtaamat, valumat, havaintopaikkojen koordinaatit ja yläpuolisten valuma-alueiden pinta-alat (Tossavainen ym. 2011)

(* Laskettu mitattujen virtaamien keskivalunnasta)			26.4.2010		11.10.2010	
Havaintopaikka	Koordinaatit (YKJ) (Garmin GPS 60CSx)	Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala, A (km ²)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)
Pelto-oja 218 Pitkälahaan	I = 3591244, P = 7058658	0,026	0,4	15,4	-	-
Pelto-oja 219 Pitkälahaan	I = 3591340, P = 7058774	0,057	4,8	84,2	-	-
Pelto-oja 220 Pitkälahaan	I = 3591566, P = 7058923	0,162	5,3	32,7	-	-
Pohjajoki 221	I = 3591913, P = 7057687	2,842	107,34 *	37,8	1,407	0,5
Oja 223 Pitkälahaan	I = 3591205, P = 7058457	0,156	0,8	5,1	-	-
Yhteensä:		3,243	11,3	Keskiarvo: 35,0	1,407	Keskiarvo: 0,5

Kalliojärvi–Patojärveen laskevien uomien vesinäytetulokset (Marketta 2010 ja Yhteenvedo useasta näytteestä. 2010)

Havaintopaikka ja aika	Virtaama, Q (l/s)	kok. N (µg/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	kok. P (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kiintoaine (mg/l)
26.4.2010							
Oja 215 Kallio-lahteen	23,2	960	85	7	52	4	16
Oja 216 Koivuniemi	11,8	1 000	170	3	51	6	20
Pahaoja 217	84,6	2 200	750	250	150	74	30
Uitonpuro 224	186,3 *	1 000	190	13	82	12	5,5
11.10.2010							
Oja 215 Kallio-lahteen	0,24	870	< 5	4	49	22	2,9
12.10.2010							
Pahaoja 217	1,44	1 600	220	170	200	170	4,9
Uitonpuro 224	2,442	890	50	49	59	13	3,5

Kalliojärvi–Patojärveen laskevien uomien virtaamat, valumat, havaintopaikkojen koordinaatit ja yläpuolisten valuma-alueiden pinta-alat (Tossavainen ym. 2011)

(* Laskettu mitattujen virtaamien keskivalunnasta)			26.4.2010		11.–12.10.2010	
Havaintopaikka	Koordinaatit (YKJ) (Garmin GPS 60CSx)	Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala, A (km ²)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)
Oja 215 Kalliolahteen	I = 3590351, P = 7058849	0,733	23,2	31,7	0,24	0,0076
Oja 216 Koivuniemi	I = 3590008, P = 7058818	0,228	11,8	51,8	-	-
Pahaoja 217	I = 3589753, P = 7058407	2,176	84,6	38,9	1,44	0,037
Uitonpuro 224	I = 3590680, P = 7057990	4,933	186,3 *	37,8	2,442	0,065
Yhteensä:		8,07	119,6	Keskiarvo: 40,0	4,122	Keskiarvo: 0,36

Muiden havaintopaikkojen vesinäytetulokset (Marketta 2010 ja Yhteenveto useasta näytteestä. 2010)

Havaintopaikka ja aika	Virtaama, Q (l/s)	kok. N (µg/l)	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	kok. P (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)	Kiintoaine (mg/l)
26.4.2010							
Puro 52 Patojärvestä	609	1 200	220	28	93	22	6,2
Oja 222 Uitonpuroon	17,1	1 300	420	83	97	34	68
11.10.2010							
Puro 52 Patojärvestä	-	1 200	< 5	3	110	34	6,5
12.10.2010							
Oja 222 Uitonpuroon	-	940	520	11	39	24	4,3

Muiden havaintopaikkojen virtaamat, valumat, havaintopaikkojen koordinaatit ja yläpuolisten valuma-alueiden pinta-alat (Tossavainen ym. 2011)

			26.4.2010	
Havaintopaikka	Koordinaatit (YKJ) (Garmin GPS 60CSx)	Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala, A (km ²)	Virtaama, Q (l/s)	Valuma (l/s /km ² = Q/A)
Puro 52 Patojärvestä	I = 3589593, P = 7059103	10,16	609	59,9
Oja 222 Uitonpuroon	I = 3591026, P = 7057625	0,403	17,1	42,4

Osavaluma-alueilta tuleva kokonaistyyppi ja kiintoainekuorma

Suomalaiselta pellolta lähtee eroosion seurauksena kiintoainetta liikkeelle keskimäärin 600 kg/ha/vuosi. (Puustinen ym. 2007, 15.)

Pohjajärven kokonaistyyppikuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2011

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kokonaistyyppien keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaistyyppi-kuorma Pohjajärveen 2011 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaistyyppi-kuorma neliökilometriä kohden vuonna 2011 (kg/km ² /a)
Mäkelänoja 225	4 921	55	3,5	1 583
Hukkalahdenpuro 226	1 188	90	23,6	382
Likolahdenpuro 227	1 122	170	47	361
Lahtelanpuro 228	653	50	24	210
Tervakorvenoja 229	1 650	122	23	531
Yhteensä		488	121,1	Keskiarvo: 608

Pohjajärven kiintoainekuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2011

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kiintoaineen keskipitoisuus (mg/l)	Kiintoainekuorma Pohjajärveen 2011 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kiintoainekuorma neliökilometriä kohden vuonna 2011 (kg/km ² /a)
Mäkelänoja 225	18,1	204	3,5	5 834
Hukkalahdenpuro 226	171,4	13 014	23,6	55 143
Likolahdenpuro 227	8,4	1 265	47	2 692
Lahtelanpuro 228	219,2	16 924	24	70 516
Tervakorvenoja 229	5,3	394	23	1 714
Yhteensä		31 801	121,1	Keskiarvo: 26 956

Sorsajärvi–Pitkälahden kokonaistyyppikuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kokonaistyyppien keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaistyyppi-kuorma Sorsa-järvi–Pitkälähteen 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaistyyppi-kuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)
Oja 218 Pitkälähteen	1 100	9	2,6	354
Oja 219 Pitkälähteen	1 500	28	5,7	483
Oja 220 Pitkälähteen	1 600	83	16,2	515
Pohjajoki 221	936	856	284,2	301
Oja 223 Pitkälähteen	1 000	50	15,6	322
Yhteensä		1 026	324,3	Keskiarvo: 392

Sorsajärvi–Pitkälahden kiintoainekuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kiintoaineen keskipitoisuus (mg/l)	Kiintoainekuorma Sorsajärvi–Pitkälähteen 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kiintoainekuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)
Oja 218 Pitkälähteen	70	585	2,6	22 517
Oja 219 Pitkälähteen	77	1 412	5,7	24 768
Oja 220 Pitkälähteen	210	10 943	16,2	67 550
Pohjajoki 221	3,7	3 382	284,2	1 190
Oja 223 Pitkälähteen	140	7 025	15,6	45 033
Yhteensä		23 348	324,3	Keskiarvo: 31 947

Kalliojärvi–Patojärven kokonaistyyppikuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kokonaistyyppien keskipitoisuus (µg/l)	Kokonaistyyppi-kuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kokonaistyyppi-kuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)
Oja 215 Kallio-lahteen	959	226	73,3	308,5
Oja 216 Koivuniemeen	1 000	73	22,8	321,7
Pahaoja 217	2 190	1 533	217,6	704,4
Uitonpuro 224	999	1 585	493,3	321,2
Yhteensä		3 417	807	Keskiarvo: 411

Kalliojärvi–Patojärven kiintoainekuormitus osavaluma-alueittain vuonna 2010

Havaintopaikka	Virtaamapainotettu kiintoaineen keskipitoisuus (mg/l)	Kiintoainekuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Valuma-alueen pinta-ala (ha)	Kiintoainekuorma neliökilometriä kohden vuonna 2010 (kg/km ² /a)
Oja 215 Kallio-lahteen	15,9	3 741	73,3	5 104
Oja 216 Koivuniemeen	20	1 467	22,8	6 433
Pahaoja 217	28,4	19 904	217,6	9 147
Uitonpuro 224	5,5	8 686	493,3	1 761
Yhteensä		33 798	807	Keskiarvo: 5 565

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus osavaluma-alueilta tulevaan kokonaistyyppi- ja kiintoainekuormitukseen

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Pohjajärven kokonaistyyppikuormaan osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaistyyppien pidätyminen (%)	Kokonaistyyppikuorma Pohjajärven 2011 (kg/a)	Muuttunut kokonaistyyppikuorma (kg/a)
Tervakorvenoja 229	Kosteikko 5	10	122	110
Hukkalahdenpuro 226	Kosteikko 6	10	90	81
Mäkelänoja 225	Pintavalutuskenttä 1	30	55	39
Likolahdenpuro 227	Pintavalutuskenttä 2	30	170	119
Lahtelanpuro 228	Pintavalutuskenttä 3	30	50	35
Yhteensä:			487	383

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Pohjajärven kiintoainekuormaan osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kiintoaineen pidätyminen (%)	Kiintoainekuorma Pohjajärven 2011 (kg/a)	Muuttunut kiintoainekuorma (kg/a)
Tervakorvenoja 229	Kosteikko 5	34	394	260
Hukkalahdenpuro 226	Kosteikko 6	34	13 014	8 589
Mäkelänoja 225	Pintavalutuskenttä 1	30	204	143
Likolahdenpuro 227	Pintavalutuskenttä 2	30	1 265	886
Lahtelanpuro 228	Pintavalutuskenttä 3	30	16 924	11 847
Yhteensä:			31 801	21 724

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Sorsajärvi–Pitkälahden kokonaistyyppikuorman osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaistyyppikuorman pidättyminen (%)	Kokonaistyyppikuorma Sorsajärvi–Pitkälähteen 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaistyyppikuorma (kg/a)
Oja 223 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 4	30	50	35
Pelto-oja 218 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 5	30	9	6
Pelto-oja 219 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 6	30	28	20
Pelto-oja 220 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 7	30	83	58
Pohjajoki 221	-	-	856	856
Yhteensä:			1 026	975

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Sorsajärvi–Pitkälahden kiintoainekuorman osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kiintoaineen pidättyminen (%)	Kiintoainekuorma Sorsajärvi–Pitkälähteen 2010 (kg/a)	Muuttunut kiintoainekuorma (kg/a)
Oja 223 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 4	30	7025	4918
Pelto-oja 218 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 5	30	585	410
Pelto-oja 219 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 6	30	1412	988
Pelto-oja 220 Pitkälähteen	Pintavalutuskenttä 7	30	10943	7660
Pohjajoki 221	-	-	3382	3382
Yhteensä:			23347	17358

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Kalliojärvi–Patojärven kokonaistyyppikuorma osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaistyyppien pidätyminen (%)	Kokonaistyyppikuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaistyyppien kuorma (kg/a)
Pahaoja 217	Kosteikko 2	10	1533	1380
Oja 216 Koivuniemeen	Kosteikko 3	10	73	66
Oja 215 Kallio-lahteen	Pintavalutuskenttä 8	30	226	158
Uitonpuro 224	-	-	1585	1585
Yhteensä:			3417	3189

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Uitonpuron kautta Kalliojärveen laskevan ojan kokonaistyyppikuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kokonaistyyppien pidätyminen (%)	Kokonaistyyppikuorma Uitonpuroon 2010 (kg/a)	Muuttunut kokonaistyyppien kuorma (kg/a)
Oja 222 Uitonpuroon	Kosteikko 4	10	168	151

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Kalliojärvi–Patojärven kiintoainekuormaan osavaluma-alueittain

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kiintoaineen pidätyminen (%)	Kiintoainekuorma Kalliojärvi–Patojärveen 2010 (kg/a)	Muuttunut kiintoainekuorma (kg/a)
Pahaoja 217	Kosteikko 2	34	19904	13137
Oja 216 Koivuniemeen	Kosteikko 3	34	1467	968
Oja 215 Kallio-lahteen	Pintavalutuskenttä 8	30	3741	2619
Uitonpuro 224	-	-	8686	8686
Yhteensä:			33798	25410

Vesiensuojelurakenteiden vaikutus Uitonpuron kautta Kalliojärveen laskevan ojan kiintoainekuormaan

Lähimmän havaintopaikan nro	Kohde:	Kiintoaineen pidätyminen (%)	Kiintoainekuorma Uitonpuroon 2010 (kg/a)	Muuttunut kiintoainekuorma (kg/a)
Oja 222 Uitonpuroon	Kosteikko 4	34	8 805	5 811

Vedenlaatutuloksia järvihavaintopaikoilta vuosien 2009–2011 kevättalvina

Pohjajärvi 54, huhtikuu 2009–2011 (1 m), huhtikuu 2010–2011 (7,8 m) (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta)

	1 m	7,8 m	Yksikkö
Väriluku	60–110	260–540	mg Pt/l
Happi	0,4–4,2	0,1	mg/l
Hapen kyllästys	3–30	1	kyll.%
pH	6,58–6,67	6,57–6,67	
Kokonaistyyppi	800–1 200	1 800–3 900	ug/l
Kokonaisfosfori	34–43	160–1 000	ug/l
Sameus	2,6–3,5	12–29	FNU

Sorsajärvi 53, huhtikuu 2009–2011 (1 m) (Ympäristöhallinnontietojärjestelmä Hertta)

	1 m	yksikkö
Väriluku	100–170	mg Pt/l
Happi	0,1–3	mg/l
Hapen kyllästys	1–21	kyll.%
pH	6,47–6,67	
Kokonaistyyppi	1 400–1 500	ug/l
Kokonaisfosfori	160–330	ug/l
Sameus	7,3–9,1	FNU

Rehevyytasoluokitukset

Järvien rehevyytasoluokitus kokonaisfosforin vuosikeskipitoisuuden perusteella (Wetzel 1983, 256)

Kokonaisfosfori (µg/l)	Rehevyytaso	
< 5	Erittäin karu	Ultraoligotrofinen
5–10	Karu	Oligotrofinen
10–30	Lievästi rehevöitynyt	Mesotrofinen
30–100	Rehevöitynyt	Eutrofinen
> 100	Ylirehevöitynyt	Hypereutrofinen

Järvien rehevyytasoluokitus kokonaistypen vuosikeskipitoisuuden perusteella (Tossavainen 2009, 39)

Kokonaistyyppi (µg/l)	Rehevyytaso	
< 400	Karu	Oligotrofinen
400–600	Lievästi rehevöitynyt	Mesotrofinen
600–1 500	Rehevä	Eutrofinen
> 1 500	Ylirehevä	Hypereutrofinen

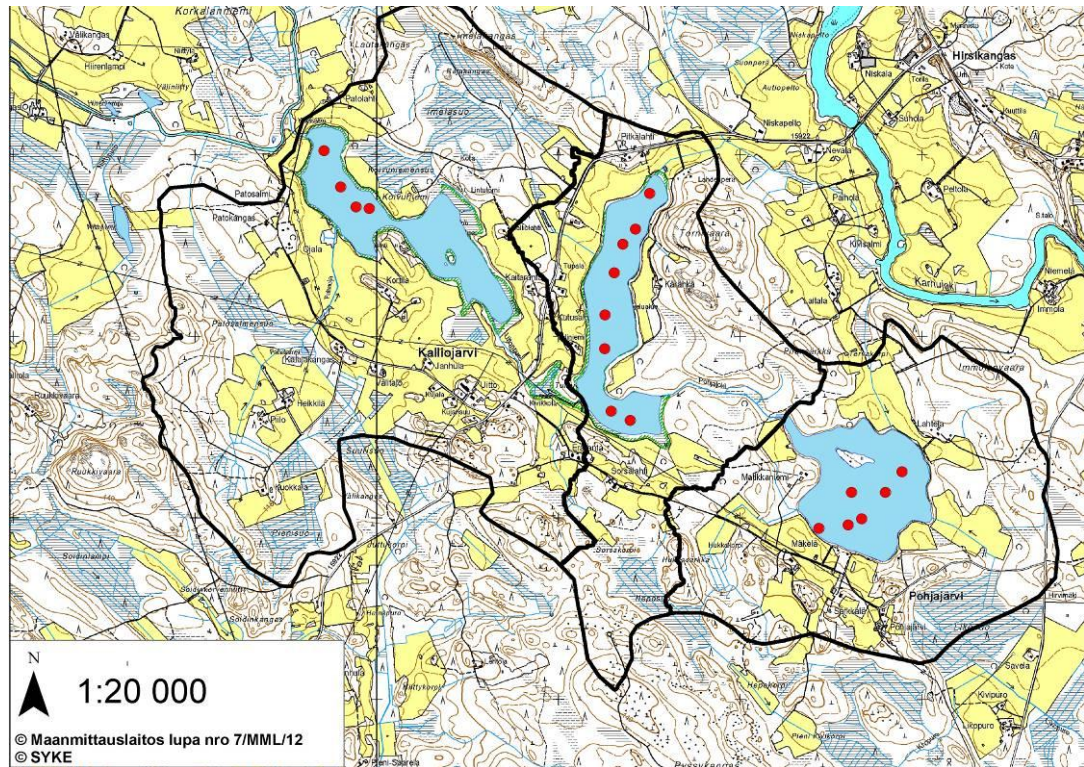
Luonnontilaisen puron valumaveden tutkittuja keskimääräisiä vedenlaatuaroja

Luonnontilaisen purovesien koko maan keskiarvot (Tossavainen 2009):

Kokonaisfosfori 17 µg/l,

Kokonaistyyppi 300–500 µg/l.

Sedimenttinäytteenottotulokset keväältä 2011



Yleiskartta, johon on merkitty sedimenttinäytteenottopisteet.

Sedimenttinäytteenottopisteiden koordinaatit ja vesisyvyyydet (Tossavainen 2011, 4)

Havaintopaikka	Koordinaatit (YKJ)		Kokonaisvesisyvyys
	Itä	Pohjoinen	
Pohjajärvi 1	3592799	7057141	8,0 m (Syväne)
Pohjajärvi 2	3592595	7056962	2,3 m
Pohjajärvi 3	3952669	7056995	4,9 m
Pohjajärvi 4	3592891	7057255	3,7 m
Pohjajärvi 5	3592614	7057141	2,5 m
Pohjajärvi 6	3592434	7056943	1,5 m
Pitkälähti 1	3591502	7058788	0,8 m
Pitkälähti 2	3591425	7058591	1,3 m
Pitkälähti 3	3591355	7058508	2,3 m (Syväne)
Pitkälähti 4	3591308	7058351	1,2 m
Pitkälähti 5	3591257	7058119	1,2 m
Pitkälähti 6	3591255	7057932	1,0 m
Sorsajärvi 1	3591395	7057538	1,0 m
Sorsajärvi 2	3591290	7057588	0,8 m
Kalliojärvi–Patojärvi 1	3589711	7059023	0,7 m
Kalliojärvi–Patojärvi 2	3589801	7058824	0,7 m
Kalliojärvi–Patojärvi 3	3589886	7058714	0,9 m
Kalliojärvi–Patojärvi 4	3589960	7058704	0,8 m

Pohjajärven, Pitkälähti–Sorsajärven ja Kalliojärvi–Patojärven maaliskuun 2011 pohjasedimenttinäytteiden laboratorioanalyysien tulokset (Tossavainen 2011, 14)

Havaintopaikka (kokonais- vesisyvyys, havainto- ajankohta)	Koordinaatit (YKJ)	Sedi- mentin näy- tesy- vyys (cm)	Sedi- mentin kuiva- aineen määrä (g/kg)	Hehku- tusjään- jään- nös (g/kg tuore- paino)	Koko- nais- typpi (g/kg kuiva- aine)	Koko- nais- fosfori (g/kg kuiva- aine)	Sedimentin ulko- näkö
Pohjajärvi 5	I = 3592614, P = 7057141	0–5	415	393	1,6	0,52	Savimaista harmaata ainesta
(2,5 m, 25.3.2011)		15–35	285	258	3,2	0,8	Tummanruskeaa hienojakoista ainesta
		50–70	328	314	1,1	0,9	Ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, melko tasaisin välein ohuita mustia raitoja
Pitkälähti 4	I = 3591308, P = 7058351	0–10	315	291	3	0,88	Vaaleanharmaa hienojakoinen aines
(1,2 m, 23.3.2011)		40–60	249	220	4,2	0,62	Vaaleanruskea hienojakoinen aines
		100–120	277	247	3,7	0,96	Vaaleanruskea hienojakoinen aines
		150–170	477	460	0,8	0,9	Hopeanharmaa puhtaanoloinen savi
Kalliojärvi 3	I = 3589886, P = 7058714	0–20	202	176	4,3	0,69	Vaaleanruskeaa erittäin vesipitoista hienojakoista ainesta, seassa jonkin verran makrofyyttien kappaleita
(0,9 m, 24.3.2011)		40–60	229	200	4,5	0,85	Vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta, harmaita savi-maisia raitoja
		110–130	214	184	5,3	1,1	Tasaisen vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta

Pohjajärven orgaanisen sedimentin kokonaismäärä ja pintasedimentin redox-potentiaali maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 7)

Havaintopaikka (vesisyvyys)	Orgaanisen sedimentin kokonaispaksuus	Pintasedimentin (0–2 cm) redox-potentiaali	Näytteenoton yhteydessä tehdyt havainnot pohjaeläimistöä
Pohjajärvi 1 (syvänn; 8,0 m)	ei voitu mitata	-249 millivoltia	yksittäisiä survi- aissääsken (<i>Chironomidae</i>) kia touk-
Pohjajärvi 2 (2,3 m)	48 cm	-223 millivoltia	yksittäisiä survi- aissääsken (<i>Chironomidae</i>) kia touk-
Pohjajärvi 3 (4,9 m)	56 cm (vähintään 100 cm)	-222 millivoltia	yksittäisiä survi- aissääsken (<i>Chironomidae</i>) kia touk-
Pohjajärvi 4 (3,7 m)	115 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
Pohjajärvi 5 (2,5 m)	35 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
Pohjajärvi 6 (1,5 m)	42 cm	ei mitattu	yksittäisiä survi- aissääsken (<i>Chironomidae</i>) kia touk-
havaintojen keskiarvo	59 cm	-231 millivoltia	-

Pohjajärven pohjasedimentin visuaaliset havainnot maaliskuussa 2011(Tossavainen 2011, 10)

Havaintopaikka ja -ajankohta (vesisyvyys)	Sedimentin ulkonäkö syvyysvyöhykkeittäin
Pohjajärven syväne (8,0 m), 19.3.2011	pintasedimentin (0–2 cm) redox-potentiaali -249 millivoltia
Pohjajärvi 2 (2,3 m), 19.3.2011	0–48 cm; tummanruskea vesipitoinen aines, pinnassa (noin 0–10 cm) tummempaa
	48–100 cm; hopeanharmaa puhdas savi
Pohjajärvi 3 (4,9 m), 19.3.2011	0–20 cm; vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta, jossa runsaasti pikimustia juovia
	20–36 cm; vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta
	36–56 cm; varsin puhtaalta näyttävää savea
	56–100 cm; vaaleanruskeaa ja harmaata hienojakoista ainesta, pääosin luultavasti savea, mutta ruskean, luultavasti orgaanisen aineksen sävyttämää
Pohjajärvi 4 (3,7 m), 25.3.2011	0–15 cm; harmahtavan ruskea hienojakoinen aines
	15–100 cm; vaaleahkonruskea hienojakoinen aines
	100–115 cm; lievän ruskehtavan harmaata ainesta, luultavasti pääosin savea
	115–200 cm; ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, jossa hyvin runsaasti likimain säännöllisin välein ohuita lähes pikimustia raitoja
Pohjajärvi 5 (2,5 m), 25.3.2011	0–5 cm; savimaista harmaata ainesta
	5–35 cm; tummanruskeaa hienojakoista ainesta
	35–100 cm; ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, jossa hyvin runsaasti likimain säännöllisin välein ohuita lähes pikimustia raitoja
Pohjajärvi 6 (1,5 m), 25.3.2011	0–10 cm; tummanruskea, hyvin vesipitoinen aines, seassa makrofyyttien karkeita kappaleita
	10–30 cm; melko puhtaalta näyttävää savea
	30–42 cm; tummanruskeaa hienojakoista ainesta
	42–100 cm; ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, jossa hyvin runsaasti likimain säännöllisin välein ohuita lähes pikimustia raitoja

Sorsajärvi–Pitkälahti orgaanisen sedimentin kokonaismäärä ja pintasedimentin redox-potentiaali maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 7)

Havaintopaikka (vesisyvyys)	Orgaanisen sedimentin kokonaispaksuus	Pintasedimentin (0–2 cm) redox-potentiaali	Näytteenoton yhteydessä tehdyt havainnot pohjaeläimistöstä
Pitkälahti:			
Pitkälahti 1 (0,8 m)	175 cm	ei mitattu	niukka eliöstö
Pitkälahti 2 (1,3 m)	440 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
Pitkälahti 3 (2,3 m)	vähintään 345 cm	-265 millivoltia	niukka eliöstö
Pitkälahti 4 (1,2 m)	126 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
Pitkälahti 5 (1,2 m)	268 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
Pitkälahti 6 (1,0 m)	430 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
havaintojen keskiarvo	vähintään 297 cm	(-265 millivoltia)	-
Sorsajärvi:			
Sorsajärvi 1 (1,0 m)	485 cm	ei mitattu	yksittäisiä surviaissääsken (<i>Chironomidae</i>) toukia
Sorsajärvi 2 (0,8 m)	363 cm	ei mitattu	ei näytteenottoa
havaintojen keskiarvo	424 cm	-	-

Pitkälähden pohjasedimentin visuaaliset havainnot maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 9)

Havaintopaikka ja -ajankohta (vesisyvyys)	Sedimentin ulkonäkö syvyysvyöhykkeittäin
Pitkälähti 1, 23.3.2011 (0,8 m)	0–12 cm; vaaleanruskea vesipitoinen aines
	12–25 cm; jokseenkin puhtaannäköinen savi
	25–100 cm; tummahkonharmaanruskea hienojakoinen aines, 60–100 cm lisäksi oletettavasti harmaa saveen sävy
	100–162 cm; vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta
	162–175 cm; vaihteittain harmaantuvaa vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta
	175–200 cm; melko puhdasta savea, jossa ohuita harmaanmustia raitoja
	200–300 cm; hopeinen puhdas savi, säännöllisin välein hentoja lähes pikimustia raitoja
Pitkälähti 2, 23.3.2011 (1,3 m)	0–5 cm; ruskeaa hienojakoista ainesta
	5–17 cm; harmaanruskeaa hienojakoista ainesta
	17–417 cm; ruskeaa hienojakoista ainesta
	417–440 cm; ruskeaa hienojakoista ainesta, jossa varsin tasaisin välein harmaanmustia hentoja raitoja
	440–475 cm; harmaata ainesta, luultavasti pääosin savea, jossa säännöllisin välein harmaanmustia ohuita raitoja
Pitkälähti 3, 23.3.2011 (2,3 m)	0–16 cm; tummanruskeaa hyvin vesipitoista ainesta
	16–25 cm; harmaankirjavaa, pääosin vaaleanruskeaa vesipitoista hienojakoista ainesta
	25–345 cm; vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta
Pitkälähti 4, 23.3.2011 (1,2 m)	0–12 cm; vaaleanharmaa hienojakoinen aines
	12–126 cm; vaaleanruskea hienojakoinen aines
	126–200 cm; hopeanharmaa puhdas savi
Pitkälähti 5, 23.3.2011 (1,2 m)	0–6 cm; vaaleanharmaa hienojakoinen aines
	6–60 cm; vaaleanruskea hienojakoinen aines
	60–100 cm; vaaleanruskean ja vaaleanharmaan hienojakoisen aineksen sekoitus
	100–230 cm; vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta
	230–268 cm; siirtymävyöhyke vaaleanruskeasta hienojakoisesta aineksestä kohti puhdasta savea
	268–300 cm; hopeanharmaa puhdas savi
Pitkälähti 6, 23.3.2011 (1,0 m)	0–7 cm; tummanruskea hienojakoinen vesipitoinen aines
	7–13 cm; vaaleanharmaa hienojakoinen aines
	13–365 cm; vaaleanruskea hienojakoinen aines
	365–400 cm; vaaleanruskea hienojakoinen aines, jossa oletettavasti savimaisen harmaan aineksen osuus lisääntyy vähitellen syvemmälle mentäessä
	400–430 cm; harmaan saveen ja vaaleanruskean hienojakoisen aineksen seos
	430–500 cm; jokseenkin puhtaan näköistä savea, jossa tasaisin välein ohuita harmaanpikimustia raitoja

Sorsajärven pohjasedimentin visuaaliset havainnot maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 10)

Havaintopaikka ja -ajankohta (vesisyvyys)	Sedimentin ulkonäkö syvyysvyöhykkeittäin
Sorsajärvi 1 (1,0 m), 30.3.2011	0–100 cm; vaalean ruskea hienojakoinen vesipitoinen aines, pintasedimentissä (noin 0-10 cm) karkeita makrofyttien kappaleita
pohjaeläinnäyte otettu	100–485 cm; vaaleanruskea hienojakoinen aines
	485–500 cm; ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, jossa hyvin runsaasti likimain säännöllisin välein ohuita lähes pikimustia raitoja
Sorsajärvi 2 (0,8 m), 30.3.2011	0–2 cm; vaaleanruskea hienojakoinen orgaaninen aines
	2–12 cm; saven sekaista orgaanista ainesta (harmaata + vaaleanruskeaa)
	12–363 cm; vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta
	363–400 cm; ilmeisen puhdasta hopeanharmaata savea, jossa hyvin runsaasti likimain säännöllisin välein ohuita lähes pikimustia raitoja

Kalliojärvi–Patojärvi orgaanisen sedimentin kokonaismäärä ja pintasedimentin redox-potentiaali maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 7)

Havaintopaikka (vesisyvyys)	Orgaanisen sedimentin kokonaispaksuus	Pintasedimentin (0–2 cm) redox-potentiaali	Näytteenoton yhteydessä tehdyt havainnot pohjaeläimistöä
Kalliojärvi 1 (0,7 m)	vähintään 290 cm	ei voitu mitata	hyvin niukka eliöstö
Kalliojärvi 2 (0,7 m)	300 cm	ei voitu mitata	ei näytteenottoa
Kalliojärvi 3 (0,9 m)	vähintään 385 cm	ei voitu mitata	hyvin niukka eliöstö
Kalliojärvi 4 (0,8 m)	vähintään 300 cm	ei voitu mitata	ei näytteenottoa
Havaintojen keskiarvo	vähintään 320 cm	-	-

Kalliojärven pohjasedimentin visuaaliset havainnot maaliskuussa 2011 (Tossavainen 2011, 10)

Havaintopaikka ja ajankohta (vesisyvyys)	Sedimentin ulkonäkö syvyysvyöhykkeittäin
Kalliojärvi 1, 24.3.2011 (0,7 m)	0–18 cm; tummanruskeaa vesipitoista melko hienojaksoista ainesta, seassa karkeaa kasviainesta
	18–28 cm; melko puhtaalta vaikuttavaa savea
	28–290 cm; tummahkonruskeaa hienojakoista ainesta (Orgaanista sedimenttiä voi olla enemmänkin)
	0–10 cm; melko puhtaannäköistä savea
Kalliojärvi 2, 24.3.2011 (0,7 m)	10–280 cm; vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta, alapäässä (270–280 cm) vähittäinen saven osuuden lisääntyminen
	280–300 cm; melko puhtaalta näyttävää savea
	300–600 cm; puhdasta hopeanharmaata savea, jossa melko tasaisin välein runsaasti ohuita lähes pikimustia raitoja
Kalliojärvi 3, 24.3.2011 (0,9 m)	0–20 cm; vaaleahkonruskeaa erittäin vesipitoista ainesta, seassa jonkin verran makrofyyttien karkeita kappaleita
	20–100 cm; vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta, koko matkalla heikohkoja harmaita (savimaisia?) raitoja
	100–293 cm; tasaisen vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta
	293–385 cm; tummahkonruskeaa hienojakoista ainesta, josta väli 350–385 cm vielä hiukan tummempaa ainesta
Kalliojärvi 4, 24.3.2011 (0,8 m)	0–16 cm; tummanruskeaa, hyvin vesipitoista hienojakoista ainesta, seassa melko paljon karkeita makrofyyttien jäänteitä
	16–23 cm; selvähkösti harmaata savimaista ainesta
	23–175 cm; tasaisen vaaleahkonruskeaa hienojakoista ainesta
	175–300 cm; hiukan tummemman ruskeaa hienojakoista ainesta